



## DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail :*

- ✚ À ma tendre mère, pour l'amour, le soutien indéfectible, les conseils et toutes les prières portées à mon égard ;*
  
- ✚ À mon père, qu'il trouve ici le résultat de ses longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.  
Merci pour l'éducation et le soutien venu de toi ;*
  
- ✚ À mes sœurs, pour leur soutien et leur affection, puisse Dieu les bénir en abondance ;*
  
- ✚ À ma très chère bien aimée, pour tout son amour, ses encouragements, ses conseils et son aide précieuse, Puisse Dieu la bénir en abondance.*

## CITATION

Il faut choisir entre le champagne pour quelques-uns et l'eau potable pour tous !

*Thomas SANKARA*

*Homme politique, Militaire (1949-1987)*

## REMERCIEMENTS

Par-dessus tout, nous remercions « Dieu » le Tout-Puissant de nous avoir donné la sagesse et le courage nécessaire pour accomplir correctement ce travail.

Nous tenons à remercier les personnalités suivantes :

☞ Professeur El Hadji Bamba DIAW, Directeur Général de 2iE ;

☞ Professeur Mahamadou KOITA, Maître de Conférences (CAMES), Enseignant-Chercheur à 2iE, mon Directeur de mémoire;

☞ Docteur Lawani MOUNIROU, Maître-Assistant (CAMES), Enseignant-Chercheur à 2iE, mon encadreur pédagogique, pour sa disponibilité et ses commentaires pertinentes ;

☞ Le corps professoral du 2iE pour la formation de qualité reçue au sein de l'établissement.

Un grand merci à toute l'équipe d'INFRATP Ingénieur-Conseil, principalement :



M. Seydou COULIBALY, Directeur Général d'INFRATP Ingénieur-Conseil, pour l'opportunité, les conseils et un accueil chaleureux au sein de sa structure.



M. Boris Donald ASSEUFI, Chef du service hydraulique chez INFRATP Ingénieur-Conseil, mon maître de stage pour ses conseils et son assistance;



Sans oublier mes aînés Christian Sui KONAN, Soumaïla TRAORE, Sarah BAMBA, Olivia N'GUESSAN pour leur assistance tout au long de mon stage.

À la famille KOHOUN, principalement à mon oncle KOHOUN Souako pour leurs affections et prières quotidiennes.

À ma famille 2iE et au groupe d'étude formé depuis la première année au 2iE avec : Anas SAVADOGO, Gerard YE, Kah DIAÏ et Rachid OUEDRAGOGO.

À mes amis Axel BODJI, Daniel YAPI, Morel TIEN et tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réussite de cette œuvre.

## RESUME

La ville de Bouaflé située au Centre Ouest de la Côte d'Ivoire fait face à un déficit d'approvisionnement en eau potable. Outre cela, certaines localités ont une insuffisance en canalisation, ce qui rend plus difficile l'accès à l'eau potable. Face à ce problème, le Ministère de l'Hydraulique, de l'Assainissement et de la Salubrité à travers l'Office National de l'Eau Potable, a initié le projet d'alimentation en eau potable dénommé « **AEP 12 Villes** » et leurs localités environnantes avec l'appui financier de Eximbank. L'objectif de cette étude est de proposer une stratégie pour le renforcement en eau potable de la ville de Bouaflé et ses localités environnantes. Afin de mieux appréhender ces difficultés, un diagnostic du système d'AEP de la ville a été réalisé à travers une visite de site. À la suite du diagnostic, il a été mené une étude hydrologique et une évaluation des besoins en eau. L'objectif de ces études est de s'assurer de la disponibilité de la ressource pour les besoins de production à l'horizon du projet. Enfin, un dimensionnement des ouvrages et équipements hydrauliques a été effectué. L'état des lieux du réseau d'AEP de la ville de Bouaflé a montré un réseau d'eau insuffisant qui ne produit actuellement que **540 m<sup>3</sup>/h**. La population estimée à l'horizon **2042** du projet est **504 662 habitants** pour un besoin journalier de pointe de **36 569 m<sup>3</sup>/j** et un débit de production de **1 828 m<sup>3</sup>/h**. L'étude hydrologique à travers l'évaluation saisonnière et journalière nous a permis de conclure qu'il faudra construire un seuil en béton armé pour la sécurisation de la ressource. Le seuil aura une hauteur de pelle de **2,5 m** et une longueur de **92 m**. Le système proposé sera constitué d'une station d'exhaure, d'une station de traitement d'une capacité de **1260 m<sup>3</sup>/h** et **1200 m<sup>3</sup>/h** respectivement. Le refoulement sera effectué à partir de deux salles de reprise. Une première salle de reprise (**SR1**) situées au niveau de la station de traitement avec deux lignes de refoulement SR1.1 vers le château de Bouaflé et SR1.2 vers Gobazra de capacité respective **400 m<sup>3</sup>/h** et **800 m<sup>3</sup>/h**. Une deuxième salle de reprise (**SR2**) située à Gobazra avec deux autres lignes de refoulement, SR2.1 vers le Château de Gobazra avec un débit de **100 m<sup>3</sup>/h** et SR2.2 avec un débit de **700 m<sup>3</sup>/h** pour alimenter la ville de Bonon et les localités environnantes. Les canalisations pour la ligne d'adduction seront en fonte ductile de **DN 500** à **DN 200 PN25** et ceux de la ligne de distribution primaire en PVC allant de **DN 315** à **DN 90 PN10**. Une étude d'impact environnemental a été faite pour tenir compte des impacts du projet et le coût global du projet a été évalué à **50 325 305 000 FCFA** pour un mètre cube d'eau estimé à **300 F CFA**.

**Mots clés** : Production actuelle, déficit de production, seuil, station de traitement, château d'eau, conduite.

## ABSTRACT

The town of Bouaflé, located in the centre-west of Côte d'Ivoire, faces a deficit in drinking water supply. In addition, some localities have a lack of pipes, which makes it more difficult to access drinking water. Faced with this problem, the Ministry of Hydraulics, Sanitation and Sanitation through the National Office of Drinking Water, initiated the drinking water supply project called "AEP 12 Villes" and their surrounding localities with the financial support of Eximbank. The objective of this study is to propose a strategy for the reinforcement of drinking water in the city of Bouaflé and its surrounding localities. In order to better understand these difficulties, a diagnosis of the city's water supply system was carried out through a site visit. Following the diagnosis, a hydrological study and a water needs assessment were conducted. The objective of these studies is to ensure the availability of the resource for production needs at the project horizon. Finally, a sizing of the hydraulic structures and equipment was carried out. The inventory of the water supply network in the city of Bouaflé showed an insufficient water network that currently produces only **540 m<sup>3</sup>/h**. The estimated population of the project by **2042** is **504,662** inhabitants for a peak daily requirement of **36,569 m<sup>3</sup>/d** and a production rate of **1,828 m<sup>3</sup>/h**. The hydrological study through the seasonal and daily assessment allowed us to conclude that it will be necessary to build a reinforced concrete threshold to secure the resource. The sill will have a **shovel** height of **2.5 m** and a length of **92 m**. The proposed system will consist of a dewatering plant, a treatment plant with a capacity of **1260 m<sup>3</sup>/h** and **1200 m<sup>3</sup>/h** respectively. Pushback will be carried out from two take-back rooms. A first recovery room (**SR1**) located at the treatment plant with two discharge lines, SR1.1 to Bouaflé Castle and SR1.2 to Gobazra with a capacity of **400 m<sup>3</sup>/h** and **800 m<sup>3</sup>/h** respectively. A second recovery room (**SR2**) located in Gobazra with two other discharge lines, SR2.1 to Gobazra Castle with a flow rate of **100 m<sup>3</sup>/h** and SR2.2 with a flow rate of **700 m<sup>3</sup>/h** to supply the town of Bonon and the surrounding localities. The pipes for the supply line will be made of ductile iron from **DN 500** to **DN 200 PN25** and those for the primary distribution line will be made of **PVC** from **DN 315** to **DN 90 PN10**. An environmental impact study was carried out to take into account the impacts of the project and the overall cost of the project was estimated at **50,325,305,000 CFA francs** for a cubic meter of water estimated at **300 CFA francs**.

**Keywords:** Current production, production deficit, threshold, treatment plant, water tower, pipeline.

## LISTE DES ABREVIATIONS

- 2iE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement ;
- AEP** : Alimentation en Eau Potable ;
- CE** : Château d'Eau ;
- CIE** : Compagnie Ivoirienne d'Électricité ;
- DE** : Diamètre Extérieur ;
- DN** : Diamètre Nominal ;
- DQE** : Devis Quantitatif et Estimatif ;
- EIES** : Étude d'Impact Environnementale et Sociale ;
- FACMA** : Festival des Arts et Cultures de la Marahoué ;
- F CFA** : Franc de la Communauté Financière Africaine ;
- GPS** : Global Positionning System ;
- HMT** : Hauteur Manométrique Totale ;
- INFRATP-CI** : Infrastructure et Tavaux Public Ingénieur-Conseil ;
- ODD** : Objectifs du Développement Durable ;
- OMS** : Organisation mondiale de la santé ;
- ONEP** : Office National de l'Eau Potable ;
- PDC** : Pertes De Charge ;
- PMA** : Pression Maximal Admissible ;
- PMH** : Pompe à Motricité Humaine ;
- PVC** : Polychlorure de Vinyle ;
- RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat ;
- RNA** : Recensement National de l'Agriculture ;
- SIEREM** : Système d'Informations Environnementales sur les Ressources en Eau et leur Modélisation ;
- SODECI** : Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire ;
- SODEXAM** : Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique ;
- SOLIBRA** : Société Limonades et Brasseries d'Afrique ;
- SR** : Salle de Reprise ;
- STEP** : Station de Traitement d'Eau Potable ;
- UAI** : Unité Agricole Intégrée.

## SOMMAIRE

|   |     |
|---|-----|
| DEDICACES.....  | i   |
| CITATION.....   | ii  |
| REMERCIEMENTS .....   | iii |
| RESUME.....   | iv  |
| ABSTRACT .....  | v   |
| LISTE DES ABREVIATIONS.....   | vi  |
| SOMMAIRE .....  | 1   |
| LISTE DES TABLEAUX .....  | 3   |
| LISTE DES FIGURES.....  | 5   |
| LISTE DES EQUATIONS .....   | 6   |
| FICHE DE PROJET .....   | 7   |
| I. INTRODUCTION.....  | 8   |
| II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DE LA ZONE D'ETUDE .....            | 10  |
| II.1 Présentation de la structure d'accueil .....                                 | 10  |
| II.2 Présentation de la zone d'étude .....  | 12  |
| III. PRESENTATION DU PROJET .....   | 20  |
| III.1 Contexte et justificatif du projet .....                                    | 20  |
| III.2 Objectifs de l'étude .....  | 20  |
| III.3 Résultats attendus.....   | 21  |
| III.4 Dispositif institutionnel .....   | 21  |
| III.5 Données de base et hypothèses de dimensionnement .....                      | 22  |
| IV. ETAT DES LIEUX DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE .....                         | 25  |
| IV.1. Etat des lieux des installations existantes de Bouaflé.....                 | 25  |
| IV.2. Synthèse de l'état des lieux de la zone projet.....                         | 27  |
| V. METHODOLOGIE DE CONCEPTION.....  | 28  |
| V.1 Matériels et Conception .....   | 28  |
| V.2 Méthodologie .....  | 28  |
| VI. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE.....   | 59  |
| VI.1 Estimation de la demande et des besoins en eau.....                          | 59  |
| VI.2 Évaluation de la disponibilité de la ressource .....                         | 62  |
| VI.3 Conception et dimensionnement du seuil.....                                  | 72  |
| VI.4 Stratégie de renforcement du système d'approvisionnement en eau potable..... | 74  |
| VI.5 Dimensionnement des ouvrages et équipements hydrauliques .....               | 75  |

|   |    |
|---|----|
| VII. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE .....                              | 87 |
| VII.1 Devis quantitatif et estimatif.....                               | 87 |
| VII.2 Estimation de l'amortissement des équipements .....               | 87 |
| VII.3 Estimation des charges.....                                       | 87 |
| VIII. ASPECT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET .....                            | 89 |
| VIII.1 Identification et analyse des sources d'impacts potentiels ..... | 89 |
| VIII.2 Mesures d'atténuation et de bonification.....                    | 92 |
| VIII.3 Plan de gestion environnementale et Sociale.....                 | 94 |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....                                     | 95 |
| BIBLIOGRAPHIE .....   | 96 |
| ANNEXE .....  | i  |

## LISTE DES TABLEAUX

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1 : Caractéristiques de la pluie annuelle à la station de Bouaflé (1980-2008) .....   | 17 |
| Tableau 2 : Production animale du District de la Marahoué .....   | 19 |
| Tableau 3 : Dispositif Institutionnel du projet.....  | 21 |
| Tableau 4 : Consommation spécifique à l'horizon du projet (AEP 12 villes, Bouaflé).....   | 22 |
| Tableau 5 : Taux de raccordement à l'horizon du projet.....   | 24 |
| Tableau 6 : Matériels et logiciels utilisés .....   | 28 |
| Tableau 7 : Coordonnées de la zone de captage .....   | 33 |
| Tableau 8: Informations sur la station jaugée de Bouaflé .....  | 34 |
| Tableau 9 : Critères d'information .....  | 35 |
| Tableau 10 : Critère dimensionnement du répartiteur (SAVANE 2020) .....   | 49 |
| Tableau 11 : Paramètre de dimensionnement d'une cloche (SUEZ 2021) .....  | 51 |
| Tableau 12 : Paramètres de dimensionnement de la zone de décantation du Pulsatube (SUEZ 2021).....  | 52 |
| Tableau 13 : Calcul des dimensions du décanteur (SAVANE 2020).....  | 52 |
| Tableau 14 : Caractéristiques de dimensionnement d'un tube lamellaire (SAVANE 2020).....  | 53 |
| Tableau 15 : Critères de dimensionnement des filtres (SAVANE 2020).....   | 54 |
| Tableau 16 : Dimensionnement des filtres (SAVANE 2020) .....  | 54 |
| Tableau 17 : Paramètres d'entretien des filtres (SUEZ, 2021) .....  | 55 |
| Tableau 18 : Formules de dimensionnement des pompes de lavage et du surpresseur (SAVANE 2020).....  | 55 |
| Tableau 19 : Réactifs chimiques utilisés pour le traitement des eaux brutes (SAVANE 2020).....  | 56 |
| Tableau 20 : Localités retenues pour le projet.....   | 59 |
| Tableau 21 : Estimation de la population à l'horizon du projet.....   | 60 |
| Tableau 22 : Demande en eau des populations de la zone du projet et besoin en eau du jour de pointe (m <sup>3</sup> /j).....  | 61 |
| Tableau 23 : Débits de dimensionnement (m <sup>3</sup> /h) à l'horizon projet .....   | 61 |
| Tableau 24 : Résultat du déficit de production.....   | 62 |
| Tableau 25 : Résultats du test d'homogénéité appliqué aux séries hydrométriques de la station de Bouaflé. ....  | 63 |
| Tableau 26 : Résultats du test de stationnarité appliqué aux séries hydrométriques de la station de Bouaflé .....   | 63 |
| Tableau 27 : Résultats du test d'indépendance appliqué aux séries hydrométriques de la station de Bouaflé .....   | 63 |
| Tableau 28 : Crues et étiages exceptionnels sur la rivière Marahoué .....   | 64 |
| Tableau 29 : Comparaison des lois statistiques pour l'ajustement des modules de la rivière Marahoué à la station de de Bouaflé sur la période 1971-2008 .....         | 65 |
| Tableau 30 : Valeurs des quantiles des modules de la rivière Marahoué Bouaflé.....  | 65 |
| Tableau 31 : Comparaison des lois statistiques pour l'ajustement des débits de crues de la rivière Marahoué à la station de de Bouaflé sur la période 1971-2008 ..... | 66 |
| Tableau 32: Valeurs des quantiles de débits de crues .....  | 66 |
| Tableau 33 : Comparaison des lois statistiques pour l'ajustement des débits d'étiages de la rivière Marahoué à la station.....  | 67 |
| Tableau 34 : Valeurs des quantiles de débits d'étiages.....   | 67 |
| Tableau 35 : Période basses eaux et de hautes eaux de la rivière Marahoué .....   | 68 |
| Tableau 36 : Débits moyens saisonniers de la rivière Marahoué .....   | 69 |
| Tableau 37: Débits moyens saisonniers réservés de la rivière Marahoué .....   | 69 |
| Tableau 38 : Débits prélevable sur la rivière Marahoué.....   | 69 |
| Tableau 39 : Besoins et disponibilité en eau à l'échelle saisonnière .....  | 70 |

|  |    |
|--|----|
| Tableau 40 : Débits caractéristiques d'étiages .....                             | 70 |
| Tableau 41 : Résultats du dimensionnement du seuil.....                          | 74 |
| Tableau 42 : Caractéristiques des pompes de la station d'exhaure .....           | 76 |
| Tableau 43 : Résultats du dimensionnement du répartiteur .....                   | 76 |
| Tableau 44 : Résultats du dimensionnement de la cloche .....                     | 77 |
| Tableau 45 : Résultats du dimensionnement du décanteur lamellaire.....           | 77 |
| Tableau 46 : Résultats du dimensionnement des filtres .....                      | 78 |
| Tableau 47 : Paramètres des pompes doseuses .....                                | 79 |
| Tableau 48 : Caractéristiques des pompes de la station de reprise SR1 .....      | 80 |
| Tableau 49 : Paramètres de dimensionnement des pompes de lavage des filtres..... | 80 |
| Tableau 50 : Résultats du dimensionnement des pompes de lavages.....             | 81 |
| Tableau 51 : Caractéristiques des pompes de la station de reprise SR2.....       | 81 |
| Tableau 52 : Résultats du dimensionnement de la bêche de rétro lavage .....      | 82 |
| Tableau 53 : Résultats du dimensionnement de la bêche eau traitée.....           | 82 |
| Tableau 54 : Bilan de stockage.....  | 83 |
| Tableau 55 : Résultats du bilan de puissance .....                               | 83 |
| Tableau 56 : Caractéristiques des conduites de refoulement.....                  | 84 |
| Tableau 57 : Résultats des calculs de verification de coup de bélier .....       | 85 |
| Tableau 58: Caractéristiques des ballons anti-bélier .....                       | 86 |
| Tableau 59 : Détails des coûts du projet.....                                    | 87 |

## LISTE DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Organigramme de la structure d'accueil .....  | 11 |
| Figure 2 : Localisation géographique de la zone d'étude.....   | 13 |
| Figure 3 : Carte du relief du département de Bouaflé, Source : INFRATP.....                                      | 14 |
| Figure 4 : Carte de la végétation du département de Bouaflé, Source : INFRATP.....                               | 15 |
| Figure 5 : Carte du réseau hydrographique de la zone du projet, Source : INFRATP .....                           | 16 |
| Figure 6 : Carte des formations géologiques de Bouaflé .....   | 17 |
| Figure 6 : Evolution de la pluie mensuelle à la station de Bouaflé (1980 – 2008) .....                           | 18 |
| Figure 7 : Photos des installations existantes à Bouaflé.....  | 26 |
| Figure 8 : Synoptique de la phase 1 du projet AEP Bouaflé .....  | 26 |
| Figure 9 : Synoptique de la filière de traitement (SUEZ 2021) .....  | 47 |
| Figure 10 : Schéma détaillant le fonctionnement d'un décanteur lamellaire à lit de boue pulsé (SAVANE 2020)..... | 50 |
| Figure 11 : Surface totale projetée (SUEZ, 2021).....  | 53 |
| Figure 13 : Évolution des débits caractéristiques d'étiage et des besoins en eau de la ville de Bouaflé .....    | 71 |
| Figure 14 : Profils en travers des différents emplacements probables du seuil .....                              | 73 |

## LISTE DES EQUATIONS

|   |    |
|---|----|
| Équation 1 : Formule du coefficient de pointe saisonnier.....   | 23 |
| Équation 2 : Formule du coefficient de pointe journalier (ZOUNGRANA, 2003) .....                      | 23 |
| Équation 3 : Formule du Génie Rural (ZOUNGRANA, 2003) .....   | 23 |
| Équation 4 : Formule de Thomas MALTHUS .....  | 30 |
| Équation 5 : Formules de calcul de la population raccordée (ZOUNGRANA, 2003).....                     | 30 |
| Équation 6 : Formule de la demande domestique .....   | 31 |
| Équation 7: Formule des besoins journalier de pointe .....  | 31 |
| Équation 8 : Formule du besoin journalier de pointe .....   | 31 |
| Équation 9 : Formule du débit de production.....  | 32 |
| Équation 10 : Formule du débit d'adduction .....  | 32 |
| Équation 11 : Formule du débit de distribution.....   | 32 |
| Équation 12 : Formule du debit moyen annuel(N'CHO A. 2022) .....                                      | 36 |
| Équation 13 : Formule du coefficient mensuel de débit (N'CHO A.2022).....                             | 36 |
| Équation 14 : Formules du diamètre théorique Q (m <sup>3</sup> /s) et Dth (m).....                    | 39 |
| Équation 15 : Condition de flamant .....  | 40 |
| Équation 16 : Calcul de vitesse .....   | 40 |
| Équation 17 : Condition de pose de conduite.....  | 40 |
| Équation 18 : Calcul de la célérité .....   | 41 |
| Équation 19 : Calcul du temps aller-retour de l'onde .....  | 42 |
| Équation 20 : Calcul de la surpression lors d'une perturbation rapide (Lawani A. MOUNIROU, 2018)..... | 42 |
| Équation 21 : Calcul de la surpression et de la dépression (Lawani A. MOUNIROU, 2018) ..              | 42 |
| Équation 22 : Formule de la hauteur manométrique totale(Lawani A. MOUNIROU, 2018)..                   | 44 |
| Équation 23 : Formule des pertes de charges linéaires de Darcy-Weisbach .....                         | 44 |
| Équation 24 : Formule du nombre reynolds .....  | 44 |
| Équation 25 : Calcul du coefficient de frottement .....   | 45 |
| Équation 26 : Formule de la charge nette d'aspiration disponible (NPSH).....                          | 45 |
| Équation 27 : Formule de la Puissance hydraulique (Lawani A. MOUNIROU, 2018).....                     | 46 |
| Équation 28 : Formule de la Puissance absorbée (Lawani A. MOUNIROU, 2018).....                        | 46 |
| Équation 29 : Calcul de la longueur du déversoir du répartiteur.....                                  | 49 |
| Équation 30 : Calcul du volume utile du répartiteur .....   | 50 |
| Équation 32 : Dimensionnement de la cloche (SAVANE 2020) .....  | 51 |
| Équation 33 : Perte de charge.....  | 54 |
| Équation 34 : Dimensionnement des caractéristiques de la pompe doseuse (APD BOUAFLE 2017).....        | 56 |
| Équation 35 : Dimensionnement des caractéristiques de la bêche (APD KIMOUKRO 2017)57                  | 57 |
| Équation 36 : Calcul du volume d'un château d'eau selon Zoungrana .....                               | 58 |
| Équation 37 : Formule de la puissance installée .....   | 58 |

## FICHE DE PROJET

| <b>Localisation</b>                                 |  |
|---|--|
| Coordonnées<br>(WGS 84 UTM zone 30 N)               | Latitude : 6°59' Nord<br>Longitude : 5°45' Ouest |
| Région  | Marahoué   |
| <b>Station d'exhaure</b>                            |  |
| Débit   | 1 260 m <sup>3</sup> /h                          |
| PHE   | 165,46 m   |
| PBE   | 150,52 m   |
| Côte PEN  | 152,58 m   |
| <b>Station de traitement</b>                        |  |
| Capacité  | 1 200 m <sup>3</sup> /h                          |
| Volume bache eau traitée                            | 1 500 m <sup>3</sup>                             |
| <b>Château de Bouaflé</b>                           |  |
| Nature  | Béton armé, forme cylindrique                    |
| Volume  | 1 000 m <sup>3</sup>                             |
| Hauteur   | 15 m   |
| <b>Conduite de refoulement</b>                      |  |
| Nature  | Fonte  |
| Longueur  | 42 Km  |
| <b>Pompes</b>                                       |  |
| <b>Exhaure</b>                                      |  |
| Débit   | 840 m <sup>3</sup> /h                            |
| HMT   | 23 m   |
| <b>STEP Station de Reprise SR1.1- CE Bouaflé</b>    |  |
| Débit   | 400 m <sup>3</sup> /h                            |
| HMT   | 90 m   |
| <b>STEP Station de Reprise SR1.2 – SR2 Gobazra</b>  |  |
| Débit   | 800 m <sup>3</sup> /h                            |
| HMT   | 76 m   |
| <b>Station de Reprise Gobazra SR2.1- CE Gobazra</b> |  |
| Débit   | 100 m <sup>3</sup> /h                            |
| HMT   | 46 m   |
| <b>Station de Reprise Gobazra SR2.1- CE Bonon</b>   |  |
| Débit   | 700 m <sup>3</sup> /h                            |
| HMT   | 75 m   |
| <b>Château de GOBAZRA</b>                           |  |
| Volume  | 500 m <sup>3</sup>                               |
| Hauteur   | 15 m   |
| <b>Château de BONON</b>                             |  |
| Volume  | 3 000 m <sup>3</sup>                             |
| Hauteur   | 20 m   |
| <b>Conduite de distribution</b>                     |  |
| Nature  | PVC  |
| Longueur  | 504 Km   |
| <b>Coût</b>   |  |
| Coût du projet                                      | 50 325 305 000 FCFA                              |
| Prix de vente                                       | 300 F CFA  |

## I. INTRODUCTION

Dans de nombreux pays africains, une partie importante de la population n'a pas accès à une source d'eau potable fiable et sûre. Cela entraîne des conséquences néfastes pour la santé, l'hygiène et le bien-être des populations locales. En effet, environ deux millions de personnes, pour la plupart des jeunes enfants, meurent chaque année des suites de maladies causées par une eau impropre à la consommation (ONU, 2015). Ainsi, avoir une eau potable s'avère nécessaire pour la meilleure santé de tout être humain. Cependant, la faible proportion d'eau douce (2.5% dont 0.3% d'eau douce sous forme liquide), l'inégale répartition spatiale des ressources en eau et de la pluviométrie, la croissance démographique, le développement économique rapide, le phénomène d'orpaillage et d'autres défis qui affectent les ressources naturelles sont autant de facteurs qui rendent difficile l'accès à de l'eau potable. L'eau devient ainsi un bien précieux (UN, 2017) et qualifiée d'OR bleue.

En raison de cette situation, le secteur de l'approvisionnement urbain en eau potable en Côte d'Ivoire va augmenter (à 82% en 2020, selon l'Office National de l'Eau Potable (ONEP, 2017)). Cette gestion efficace du service est dû à un partenariat public privé avec la Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire (SODECI). Malgré ce fait, dans certaines villes secondaires, à l'instar de la ville de Bouaflé l'accès à l'eau potable reste une problématique à cause l'accroissement du taux d'urbanisation, de la détérioration des infrastructures de desserte et d'approvisionnement en eau potable et de l'insuffisance des ressources financières requises pour les réhabilitations et extensions des équipements.

Ainsi dans sa dynamique de l'amélioration des conditions de vie des populations, le Gouvernement Ivoirien a négocié et obtenu un financement avec Exim Bank pour le renforcement de l'alimentation en eau potable de 12 villes, notamment Tanda, Sassandra, Touba, Odienné, Mankono, Grand Lahou, Katiola, Daloa, Séguéla, Divo, Boundiali et Bouaflé.

À cet effet, le bureau d'études INFRATP Ingénieur-Conseil est chargé des études techniques pour le projet d'eau potable de la ville de Bouaflé. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude intitulée : « **RENFORCEMENT DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE BOUAFLE ET DES LOCALITES ENVIRONNANTES A PARTIR DU FLEUVE MARAHOUE : PHASE 2 (CÔTE D'IVOIRE)** ».

Dans le cadre de cette étude, nous proposerons un plan de renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville de Bouaflé et de ses communes environnantes, notamment :

- ✓ Diagnostiquer le système d'approvisionnement en eau potable existant.
- ✓ Évaluer les besoins et la disponibilité des ressources.
- ✓ Réaliser des études de faisabilité technique et financière des solutions proposées.

Ce rapport est une synthèse de nos recherches, commençant par des généralités, puis présenter le matériel et la méthodologie utilisés. Enfin, pour atteindre l'objectif, la dernière partie traite de l'étude de faisabilité technique. Outre les aspects financiers, des études seront également menées sur les éventuels impacts environnementaux.

## II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

### II.1 Présentation de la structure d'accueil

Le bureau d'études INFRATP-Ingénieur Conseil est une société à Responsabilité limitée au capital de 20 000 000 F CFA créée en 2014, immatriculé au registre du commerce et du crédit mobilier d'Abidjan sous le n° CI-ABJ-2014-B-15313, dont le siège est à Abidjan, Cocody Rivera Faya, Cité ATCI, 08 BP 3772 Abidjan 08, République de Côte d'Ivoire, est représenté par son Directeur Général, **COULIBALY Seydou**.

La création d'INFRATP Ingénieur-Conseil précède de la volonté de ses dirigeants de proposer des services de qualité aux gouvernants, bailleurs de fonds, structures décentralisées et partenaires au développement. Les domaines d'activités d'INFRATP-IC sont en autres les infrastructures hydrauliques, l'aménagement urbain, les infrastructures de transport, l'énergie, l'environnement et le développement durable ainsi que la recherche et le développement.

Les services offerts par INFRATP-IC sont :

- ❖ Etudes et conception ;
- ❖ Supervision et contrôle des travaux ;
- ❖ Assistance à la maîtrise d'ouvrage.

INFRATP Ingénieur-Conseil est dirigée par un Directeur Général (DG), assisté d'un Directeur Général Adjoint (DGA) et d'un Directeur Technique (DT). Ensuite il y'a l'assistanat de direction, le service comptabilité et le service technique qui comprennent les services Infrastructure et Eau Potable et Génie civil. Le Directeur Technique est responsable de la Section Génie Civil et de la Section Infrastructures et Eau Potable. Nous étions au dans le service Infrastructure et Eau Potable (SIEP). La figure 1 illustre l'organigramme du bureau d'études INFRATP-Ingénieur Conseil.

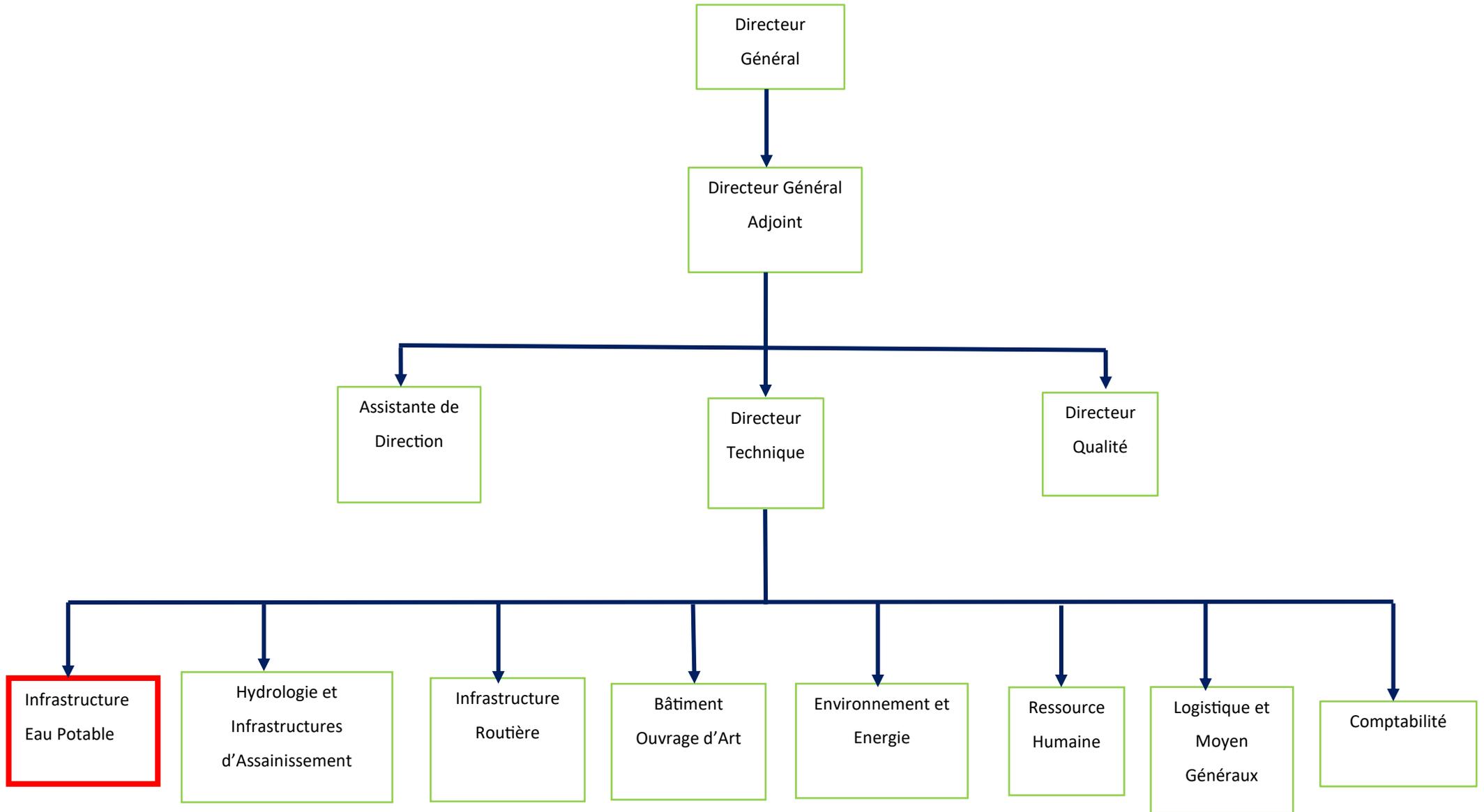


Figure 1 : Organigramme de la structure d'accueil

## II.2 Présentation de la zone d'étude

### II.2.1 Localisation de la zone d'étude

Notre zone d'étude est située dans la région de la Marahoué. Cette région est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.

La ville de Bouaflé est le Chef-lieu de la Région de la Marahoué. Le Département de Bouaflé couvre une superficie de 422 km<sup>2</sup> et comprend six sous-préfectures (Bégbessou, Bonon, N'Douffoukankro, Pakouabo, Tiébéita, Zaguiéta). La ville de Bouaflé se situe à 60 Km de Yamoussoukro, la capitale politique et à 320 Km d'Abidjan, la capitale économique. Les limites administratives du département de Bouaflé sont :

- au Nord : département de Zuénoula (Région de la Marahoué) ;
- au Sud : département de Sinfra (Région de la Marahoué) ;
- à l'Est : District de Yamoussoukro et les départements de Tiébissou, Sakassou et Béoumi (Région du Gbèkè) ;
- à l'Ouest : département de Daloa (Région du Haut-Sassandra).

La figure 2 présente quelques détails de la zone d'étude :

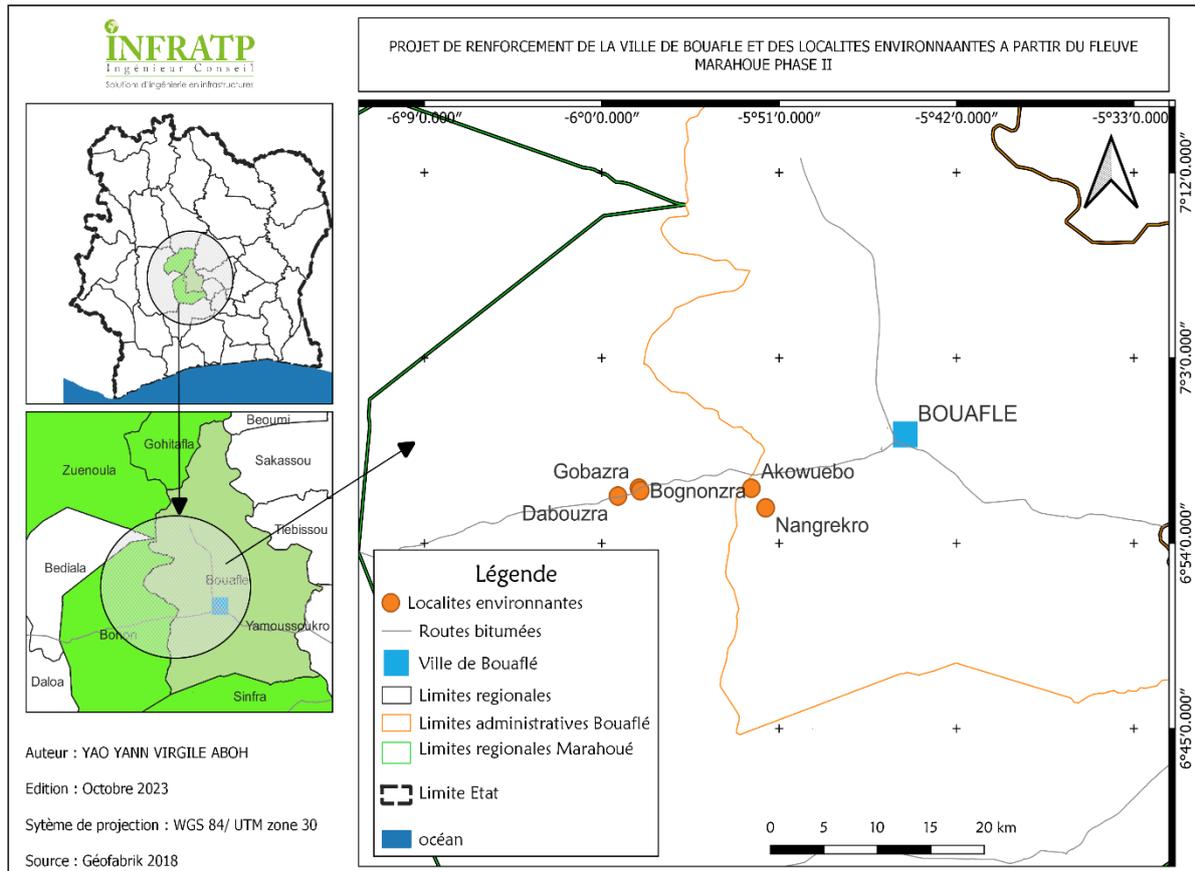


Figure 2 : Localisation géographique de la zone d'étude

## II.2.2 Description du milieu physique

### II.2.2.1 Relief et géomorphologie

Le relief du département de Bouafle est présenté dans la figure 3. La zone se présente comme une pénéplaine dont l'altitude varie entre 176 m et 449 m. Dans cette monotonie, se trouve à l'ouest de la ville de Bouafle une exception caractérisée par une chaîne de colline qui culmine 590 m d'altitude (INFRATP, APD AEP Bouafle Phase 1, 2020).



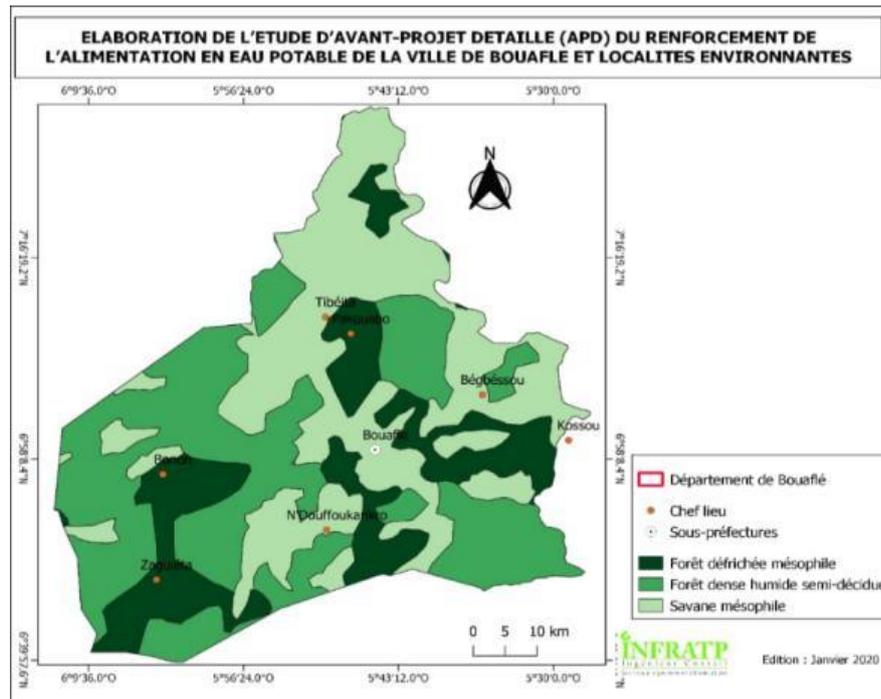


Figure 4 : Carte de la végétation du département de Bouaflé, Source : INFRATP

### II.2.2.6 Hydrographie

La figure 6 présente le réseau hydrographique de la zone projet. Le département est drainé par l'affluent de la rive gauche de la rivière Bandama (la Marahoué). A l'est du département de Bouaflé, se trouve le lac du barrage de Kossou. Ces cours d'eau coulent du nord au sud (INFRATP, APD AEP Bouaflé Phase 1, 2020).

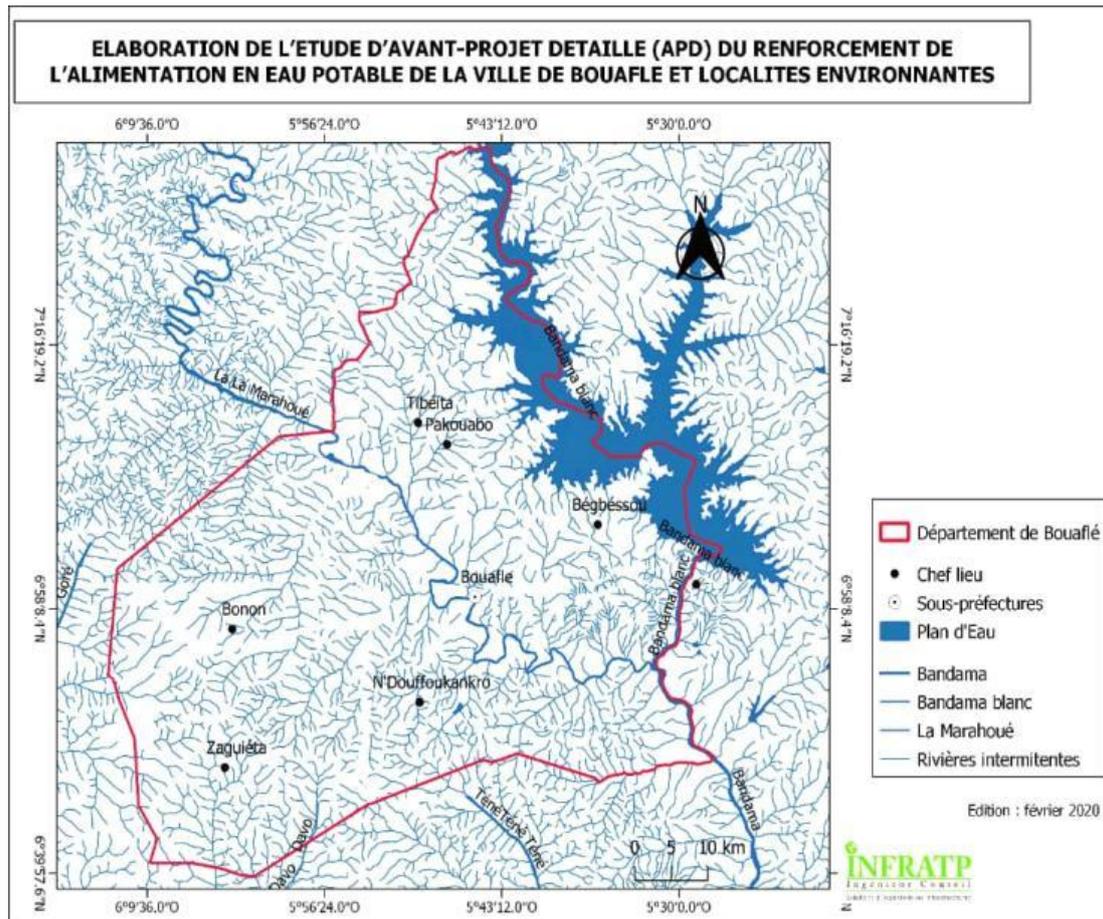


Figure 5 : Carte du réseau hydrographique de la zone du projet, Source : INFRATP

### II.2.2.7 Géologie

Les formations géologiques rencontrées dans le département de Bouaflé sont présentées dans la figure 6. Le Sud du département est dominé par des granitoïdes. A l'est, on note la présence des Andésites. Le reste du département est couvert par des schistes et de la rhyolite.

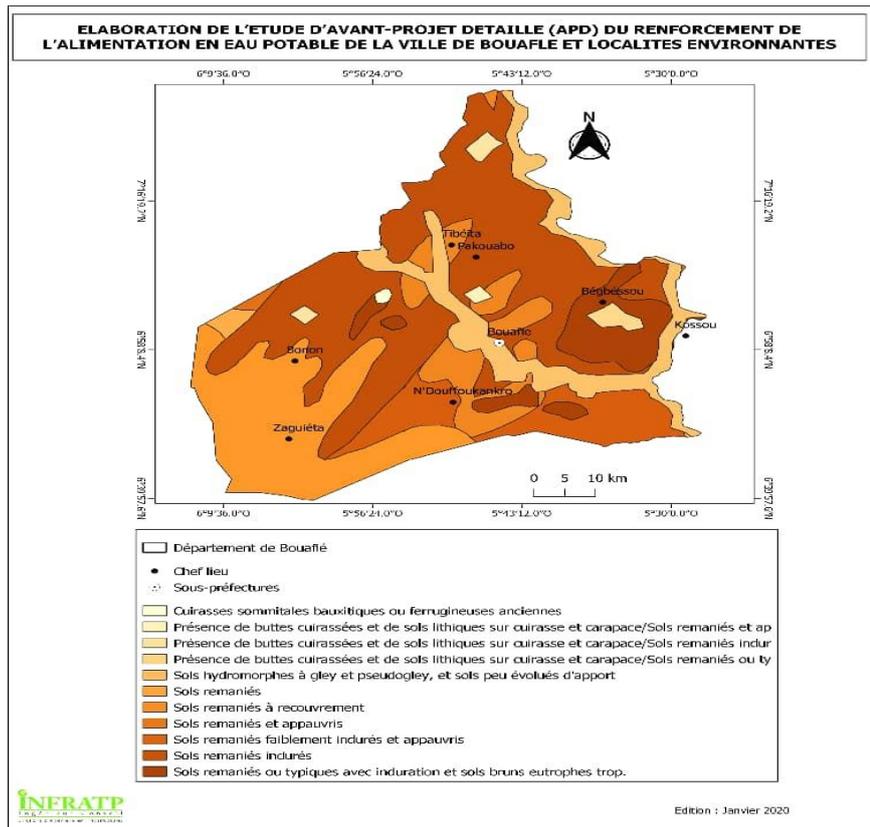


Figure 6 : Carte des formations géologiques de Bouafle

## II.2.3 Description du milieu climatologique

### II.2.3.1 Climat

La zone du projet, située au nord-est de la Côte d'Ivoire est sous l'influence du climat de transition dit équatorial de transition atténuée ou climat Baouléen. Ce climat équatorial de transition est caractérisé par quatre saisons dont principalement une grande sèche de début novembre à la mi-février et une grande saison des pluies de mi-mars à la mi-juillet.

### II.2.3.2 Pluviométrie

La pluie annuelle de la zone du projet varie entre 419 et 1700 mm avec une moyenne interannuelle de 1143 mm (Tableau 1). L'évolution temporelle du pluviométrique est présentée dans la figure 6. Les pics pluviométriques sont observés en septembre et mai ; tandis que le mois de janvier le moins arrosé dans cette zone.

Tableau 1 : Caractéristiques de la pluie annuelle à la station de Bouafle (1980-2008)

| Moyenne | Minimum | Maximum | Ecart type | Coefficient de variation |
|---------|---------|---------|------------|--------------------------|
| 1143.21 | 419.51  | 1700.90 | 237.52     | 0,21                     |

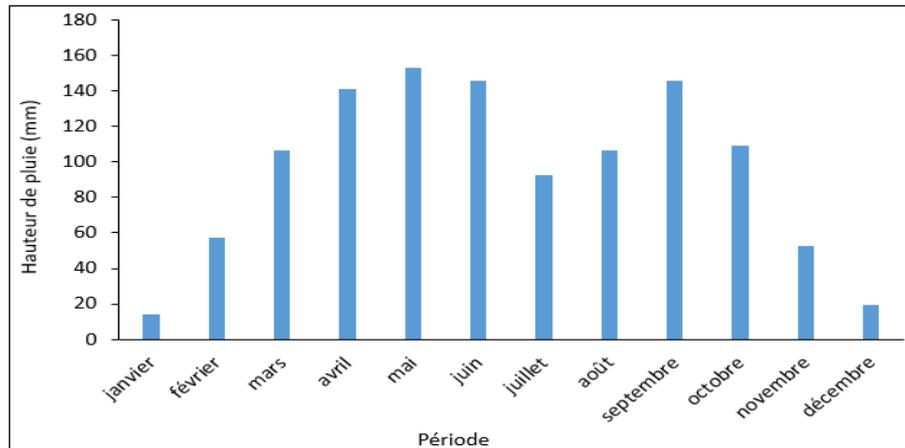


Figure 7 : Evolution de la pluie mensuelle à la station de Bouaflé (1980 – 2008)

## II.2.4 Données socio-économiques

### II.2.4.1 Démographie

En 1975, la ville comptait 17 188 habitants. Cette population est passée à 34 562 habitants en 1988. Les données du Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2014 indiquent que la population est de 862 344 habitants dans la région du Marahoué. La région de la Marahoué est composée de trois (03) départements :

- Bouaflé ;
- Zuénoula ;
- Sinfra.

Le département de Bouaflé avec plusieurs sous-préfectures en son sein compte 457 147 habitants. Ce qui représente 53% de la population régionale. Le département de Bouaflé dispose d'un hôpital général, centres de santé urbain

### II.2.4.2 Activités économiques

L'agriculture est l'une des principales activités. Les cultures de rente pratiquées sont : le Café (3659 T/an), le cacao (26622 T/an), la canne à sucre (2682T/an)(RNA, 2001).

Le département dispose de plusieurs unités industrielles tel que la Société de Limonaderies et Brasseries d'Afrique (SOLIBRA), la Société Africaine de Cacao (Sacco) et l'Unité Agricole Intégrée (UAI) de Suc Rivoire de Zuénoula. L'élevage constitue l'une des activités économiques de la région du Marahoué. La production animale selon le RNA (2001) est consignée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Production animale du District de la Marahoué

| Bovins | Caprins | Ovins | Porcins | Total |
|--------|---------|-------|---------|-------|
| 4511   | 4055    | 4634  | 1871    | 15071 |

Les activités halieutiques sont pratiquées sur la rivière Marahoué et sur le lac de barrage de Kossou.

### III. PRESENTATION DU PROJET

#### III.1 Contexte et justificatif du projet

La ville de Bouaflé est alimentée en eau potable à partir de la station de production d'eau potable de Bouaflé Chef-lieu de la Région de la Marahoué. Ces installations ont été construites en 1978 pour un débit d'exploitation de 90 m<sup>3</sup>/h et remises à niveau en 2001 à un débit d'exploitation de 140 m<sup>3</sup>/h. Cette station de production mise en service depuis 1983, était arrivée à saturation (l'usine exploitée à près de 40% au-dessus de sa capacité normale) à cause de la demande croissante en eau. Face à cette situation de stress hydrique, l'Etat ivoirien dans le cadre du Programme « **AEP 12 villes** » a initié les travaux de construction d'une unité de traitement qui concerne la première phase de réalisation du projet avec une capacité de production de 400 m<sup>3</sup>/h en 2021. Actuellement, la capacité de production total de la zone d'étude est de 540 m<sup>3</sup>/h contre une demande en eau de l'ordre de 1800 m<sup>3</sup>/h soit un déficit d'environ 1300 m<sup>3</sup>/h. Outre la faible capacité de production, les localités de Garango, Gobrazra, Dabrouzra, Bonon 2, Moronou, Bonon, Benou, Biegon sont alimentées en eau potable à partir des eaux souterraines (forages et les PMH). Mais en période sèche, la capacité de production des forages baisse considérablement et certains forages tarissent privant ainsi les populations de l'accès à l'eau potable.

Face à toutes ces difficultés que rencontrent les populations en matière de l'accès à l'eau potable, il est nécessaire de renforcer la capacité de production par l'extension de la STEP ou la construction d'une nouvelle usine de traitement pouvant couvrir en toute saison les besoins en eau des populations et la pose d'un nouveau réseau de distribution ou le renforcement du réseau existant. C'est dans ce cadre que l'Etat ivoirien à travers l'ONEP a initié la deuxième phase du Projet de renforcement du système d'alimentation en Eau Potable de diverses localités à partir de la rivière Marahoué à Bouaflé, d'où est tiré le thème de ce rapport.

#### III.2 Objectifs de l'étude

**L'objectif général** est de contribuer à l'amélioration de la desserte en eau potable de la ville de Bouaflé et des localités environnantes à travers la proposition d'une stratégie de renforcement du système d'alimentation en eau potable de la ville.

**Les objectifs spécifiques** sont les suivants :

- Diagnostiquer le système de production d'eau potable existant en tenant compte de la première phase du projet ;
- Estimer les besoins en eau potable des populations de Bouaflé à l'horizon du projet ;
- Concevoir et dimensionner un nouveau système d'Alimentation en Eau potable (HU) ;

- Estimer les coûts du projet et évaluer les impacts sur l'environnement et la vie socio-économique.

### III.3 Résultats attendus

Les résultats attendus de notre étude sont les suivants :

- L'inventaire des points d'eaux et ouvrages hydrauliques existants ;
- Une Description technique détaillée comportant conception, calcul et schémas des solutions de renforcement du système adduction en eau potable ;
- L'étude financière des solutions proposées ainsi que les avantages et inconvénients que pourraient avoir ce projet sur l'environnement et la vie socio-économique.

### III.4 Dispositif institutionnel

Le Projet est dénommé « AEP 12 Villes». Le projet est mis en œuvre par le ministère de l'Hydraulique depuis 2016 et est financé par la banque Exim Bank. L'objectif est de renforcer l'approvisionnement en eau potable de la Côte d'Ivoire. Les douze (12) villes impliquées dans le projet sont Tanda, Sassandra, Divo, Mankono, Grand Lahou, Katiola, Daloa, Odienné, Séguéla, Boundiali, Touba et **Bouaflé**. Concernant la ville de Bouaflé qui est l'objet de notre étude, la première phase du projet a débuté en 2020 et se terminera en 2024, avec un délai de réalisation de 48 mois. Les dispositions institutionnelles du projet sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Dispositif Institutionnel du projet

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Autorité contractante    | Ministère de l'Hydraulique, l'Assainissement et de la Salubrité (MINHAS) |
| Maitre d'Ouvrage Délégué | Office National de l'Eau Potable (ONEP)                                  |
| Financement              | Exim Bank  |
| Maitre d'œuvre           | Arc-Ingénierie   |
| Entrepreneur             | CGC-CI   |
| Bureau d'études          | INFRATP Ingénieur-Conseil  |

### III.5 Données de base et hypothèses de dimensionnement

#### III.5.1 Horizon du projet

L'horizon du projet a été fixé à 15 ans par le maître d'ouvrage délégué et l'année de mise en service de la deuxième phase est prévu pour l'année 2027 (année de mise en service des installations).

#### III.5.2 Programme d'exécution

Le projet est divisé en deux phases. La première étape renforcera le système d'approvisionnement de la ville de Bouaflé, et la deuxième étape, qui fait l'objet de cette étude, renforcera le système d'approvisionnement des localités environnantes.

#### III.5.3 Choix des localités environnantes

Dans le cadre de ce projet, toutes les villes situées sur la ligne d'approvisionnement dans un rayon de 15 km autour de la ville seront approvisionnées, formant ce que l'on appelle des « localités environnantes ».

#### III.5.4 Typologie des localités

Les zones dont la population est estimée à plus de 4 000 habitants (en 2014) sont considérées comme des zones urbaines, et les zones dont la population est inférieure à 4 000 habitants sont considérées comme des zones rurales sur instruction de l'ONEP.

#### III.5.5 Consommation spécifique

Le maître d'ouvrage délégué a retenu pour l'année 2027 (H+0) une consommation spécifique de 40 l/hab/jr pour les localités urbaines et 30 l/hab/jr pour les localités rurales.

Tableau 4 : Consommation spécifique à l'horizon du projet (AEP 12 villes, Bouaflé)

| Paramètres                             | H+0  | H+5  | H+10 | H+15 |
|--|------|------|------|------|
| <b>Année de base</b>                   | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 |
| <b>Consommation spécifique urbaine</b> | 40   | 44   | 49   | 54   |
| <b>Consommation spécifique rurale</b>  | 30   | 33   | 37   | 40   |

#### III.5.6 Coefficient de pointe saisonnière

Les variations saisonnières exercent une influence sur les besoins globaux et les dimensions du système. Elles permettent d'évaluer les besoins de régulation de ressources en eau à mobiliser. Spécifiquement le coefficient de pointe saisonnière noté Cps est le rapport de la demande journalière moyenne du mois de pointe et de la demande journalière moyenne de l'année.

| Expression                        | Paramètres  |
|-----------------------------------|---|
| $C_{ps} = \frac{D_{jmp}}{D_{jm}}$ | D <sub>jmp</sub> : demande journalière moyenne du mois de pointe (m <sup>3</sup> /h) ;<br>D <sub>jm</sub> : demande journalière moyenne sur l'année (m <sup>3</sup> /h) ; |

Équation 1 : Formule du coefficient de pointe saisonnier

Il varie en situation normale entre 1,10 en zone tropicale humide où les ressources en eau sont abondantes et les températures stables, et 1,20 en zone sahélienne où le tarissement cyclique des ressources alternatives se conjugue avec les fortes chaleurs. Pour la présente étude, vu les contraintes liées à l'acquisition de la demande journalière moyenne du mois de pointe de notre zone d'étude, l'on a considéré pour les calculs, 1,10 pour le coefficient de pointe saisonnière car la zone d'étude est située en zone tropicale humide.

### III.5.7 Coefficient de pointe journalière

Il exprime les variations hebdomadaires qui définissent le retour cyclique du comportement des usagers au cours de la semaine. Les pointes de consommations se situent aux jours de grande lessive et de repos hebdomadaires. Le coefficient de pointe est indépendant de la saison. Il varie entre 1,05 et 1,15. Pour ce projet il a été retenu 1,10 de concert avec le maître d'ouvrage délégué.

| Expression                        | Paramètres  |
|-----------------------------------|---|
| $C_{pj} = \frac{D_{jp}}{D_{jmp}}$ | D <sub>jmp</sub> : demande journalière moyenne du mois de pointe (m <sup>3</sup> /h) ;<br>D <sub>jp</sub> : demande journalière de pointe (m <sup>3</sup> /h) ; |

Équation 2 : Formule du coefficient de pointe journalier (ZOUNGRANA, 2003)

### III.5.8 Coefficient de pointe horaire

Il rend compte de la consommation de la pointe de consommation au cours de la journée. Il exprime donc les habitudes du consommateur au cours de la journée. Il est indépendant de la saison et n'exerce aucune influence sur les quantités d'eau à mobiliser. Le coefficient de pointe horaire varie entre 1.5 et 3 et a été estimé par la formule dite du Génie Rural (France).

| Expression                                 | Paramètres  |
|--|---|
| $C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{D_{jm}}}$ | D <sub>jm</sub> : demande journalière moyenne (m <sup>3</sup> /h) ; |

Équation 3 : Formule du Génie Rural (ZOUNGRANA, 2003)

### III.5.9 Taux de raccordement

Le maître d'ouvrage délégué a retenu pour l'année 2027 (H+0) un taux de raccordement de 60% pour les localités urbaines et 40% pour les localités rurales. Ces taux varient de 2% par an selon les clauses du projet présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Taux de raccordement à l'horizon du projet

| Paramètres                  | H+0  | H+5  | H+10 | H+15 |
|-----------------------------|------|------|------|------|
| Année de base               | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 |
| Taux de raccordement urbain | 60   | 66   | 73   | 81   |
| Taux de raccordement rural  | 40   | 44   | 49   | 51   |

### III.5.10 Temps de pompage

Cette variable représente le temps pendant lequel les équipements seront en activité et assureront la production en eau. Le temps de pompage dans le cadre du projet est fixé à 20 h par le maître d'ouvrage délégué.

### III.5.11 Pertes d'eau

- ❖ Les pertes de traitement

Dans le cadre de notre étude, nous estimons la moyenne admissible des pertes autour de 5%, d'où un rendement des installations autour de 95%.

- ❖ Les pertes de distribution

Il a été retenu une valeur moyenne de 15% correspondant aux pertes sur le réseau soit un rendement du réseau égal à 85%.

### III.5.12 Choix des pompes

Les hauteurs manométriques des pompes sélectionnées ne doivent pas dépasser 150 m selon les spécifications du maître d'œuvre.

## IV. ETAT DES LIEUX DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

### IV.1. Etat des lieux des installations existantes de Bouaflé

La ville de Bouaflé est alimentée en eau brute à partir du fleuve Marahoué. Le système d'alimentation est constitué :

- d'une tour de prise sur le fleuve Marahoué ;
- d'une station de traitement classique 140 m<sup>3</sup>/h ;
- d'une bache de stockage d'eau traitée ;
- d'une salle de reprise ;
- d'une conduite PVC DN 160 qui dessert en refoulement distributif le centre-ville ;
- d'une seconde conduite de refoulement PVC DN 160 qui dessert le réservoir ;
- d'une conduite en PVC DN 110 alimentant la localité de Garango ;
- un château d'eau de 500 m<sup>3</sup> sur tour de 12 m.





Figure 8 : Photos des installations existantes à Bouaflé

#### IV.1.1 Etat des lieux de la Phase 1 du projet

Dans cette phase, il a été capté 420 m<sup>3</sup>/h et traité 400 m<sup>3</sup>/h pour le renforcement de la ville de Bouaflé. Le système d'adduction d'eau potable est composé donc des équipements suivants :

- une station d'exhaure de capacité 420 m<sup>3</sup>/h extensible à 840 m<sup>3</sup>/h y compris les ouvrages annexes ;
- la conduite d'eau brute en fonte ductile DN 500 ;
- une station de traitement d'eau potable de capacité 400 m<sup>3</sup>/h extensible à 1 600 m<sup>3</sup>/h avec ces ouvrages annexes ;
- une ligne d'adduction en fonte ductile DN 400 vers le château d'eau de Bouaflé(CE 1000m<sup>3</sup> sur 30m).

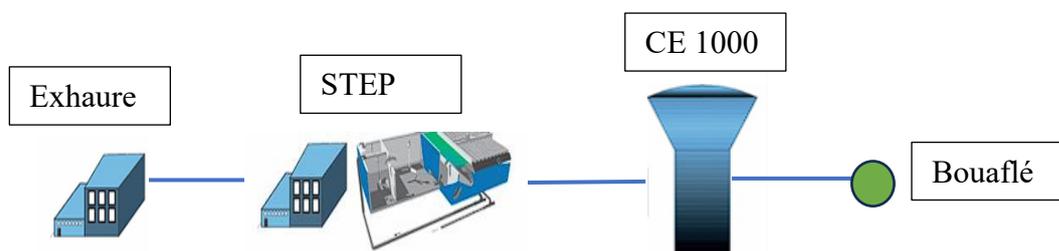


Figure 9 : Synoptique de la phase 1 du projet AEP Bouaflé

#### IV.1.2 Etat des lieux du système AEP des localités environnantes

La production en eau de la ville de Bonon est assurée à partir de deux forages F3 et F4 fournissant des débits respectifs de 24 m<sup>3</sup>/h et 19 m<sup>3</sup>/h. Rappelons que les deux premiers forages F1 et F2 ont été abandonnés, à cause de leur très faible productivité.

Les localités de Dabouzra, Bognonzra, Gobazra et Bonon 2 sont desservies en eau potable à partir d'un forage situé dans la localité de Dabouzra. Cette eau captée subit un traitement de type T1 avant d'être stockée dans un château d'eau (CE) surélevé d'une capacité de 80 m<sup>3</sup>. Ce château d'eau assure la distribution au niveau du réseau de Dabouzra avant d'alimenter les autres localités à travers des conduites en PVC DN 90 mm.

#### IV.2. Synthèse de l'état des lieux de la zone projet

Dans l'étude concernant la première phase, il a été réalisé le captage d'eau brute sur le fleuve Marahoué à partir d'un Mât de Transfert plus un Mât Oscillant Immergé (MT+MOI) type Hydromobil. Lors de la visite de site, l'exploitant a révélé des inquiétudes quant à la disponibilité de la ressource au niveau du fleuve Marahoué. À l'analyse des premières informations recueillies, montre que cette retenue ne constitue pas une ressource pérenne en l'état. Dans ce cas de figure, il est impératif de rechercher une ressource pérenne pour permettre d'alimenter la ville de Bouaflé et ses localités environnantes en toutes saisons. Nous proposons donc une évaluation de la disponibilité de la ressource par rapport aux besoins à l'horizon du projet. De plus, certains quartiers de la ville de Bouaflé ne bénéficient pas du réseau de distribution. Les localités environnantes de la ville de Bouaflé, s'alimentent en eau pour la plupart à partir de forages et de puits traditionnels. La consommation des eaux de puits pourrait avoir des effets néfastes sur la santé des populations. Aussi, celles qui bénéficient de pompes hydrauliques éprouvent des difficultés de production d'eau potable pendant la saison sèche.

Certes la première phase du projet a été réalisée en 2021 mais le problème d'accès à l'eau potable dans la zone d'étude se pose toujours.

Au regard de cette situation, quelles solutions apportées pour résoudre définitivement les problèmes dont souffre le système d'alimentation en eau potable de la ville de Bouaflé et de ses localités environnantes ?

## V. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

### V.1 Matériels et Conception

Les matériels et les logiciels utilisés dans ce projet sont présentés dans le tableau 6 :

Tableau 6 : Matériels et logiciels utilisés

| Désignation                            | Version      | Utilisation   |
|--|--------------|---|
| Google Earth                           | Pro          | Localisation de la zone du projet ;<br>Etablissement de la stratégie                        |
| Pack Microsoft Office (Excel, Word...) | Office 2019  | Traitement de données ;<br>Rédaction du mémoire   |
| HYFRAN                                 | Plus         | Analyse fréquentielle hydrologique  |
| Global Mapper                          | 19           | Traitement des données SIG ; Conversion sous plusieurs formats                              |
| QGIS                                   | 3.24.3       | Réalisation des cartes  |
| Mensura Genius                         | 10           | Etablissement des profils en long du réseau ;<br>Carnet des nœuds ; Saisir en réseau divers |
| AutoCAD                                | 2019         | Conception des plans  |
| EpaCAD                                 | 1.0.1        | Conversion du format AutoCAD sous format Epanet   |
| Epanet                                 | 2.0          | Simulation hydraulique du réseau hydraulique  |
| GPS                                    | Garmin etrex | Prise de coordonnées géographiques  |
| CAPRARI PUMP TUTOR (R)                 | 2.0          | Choix des pompes à partir du débit ; la HMT et la hauteur géométrique                       |
| CebelMail                              | Expert       | Etude des coups de bélier et dimensionnement d'une protection si nécessaire.                |

### V.2 Méthodologie

La méthode appliquée est structurée autour de trois phases : la phase de recherche documentaire, la phase de collecte des données et la phase de traitement des données.

#### V.2.1 Revue littéraire sur la zone d'étude

La revue littéraire nous a permis de collecter des données sur la région de la Marahoué précisément le département de Bouaflé, notamment les données liées à la démographie à travers

le rapport du dernier recensement la Côte d'Ivoire (RGPH 2014), à cela s'ajoute les données hydrogéologiques et climatiques.

### V.2.2 Collecte des données

Cette séance a consisté à collecter l'ensemble des documents disponibles sur le projet, notamment les études existantes et les fiches projets et aussi à organiser les missions de terrain. Une visite a été initié en vue de s'entretenir avec les autorités locales et les populations pour recueillir leurs attentes et les informations nécessaires à notre étude. Aussi elle a permis de réaliser les levés topographiques, bathymétriques et des sondages géotechniques sur le site de la station d'exhaure, de l'unité de traitement, des bâches de reprises et des sites pour l'implantation des châteaux d'eau. Toutes ces informations ont permis de définir le schéma de renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville de Bouaflé et des localités environnantes.

### V.2.3 Traitement de données

Cette phase a consisté en l'exploitation de l'ensemble de la documentation obtenue au cours de la recherche documentaire et des informations recueillies sur le terrain. Ce travail nous a permis de dégager des tendances et des informations utiles à l'élaboration du présent rapport de fin d'études. Le traitement de ces informations va consister à :

- L'estimation de la population de la zone d'étude ;
- L'évaluation des besoins en eau et de la demande ;
- L'analyse de la disponibilité de la ressource en eau ;
- Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

### V.2.4 Estimation de la population

#### ❖ Population totale à l'horizon du projet

Les résultats détaillés du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2021 n'étant pas encore officiels, alors les taux d'accroissement en milieu rural (2,55%) et urbain (3%) du RGPH 2014 seront utilisés pour estimer les populations aux différents horizons.

La population a été estimée à partir de la formule de Thomas MALTHUS :

| Expression                        | Paramètres   |
|-----------------------------------|--|
| $P_n = P_0 \times (1 + \alpha)^n$ | $P_n$ : Population après n années ;<br>$P_0$ : Population de l'année de référence ;<br>$\alpha$ : Taux de croissance de la population ( $\alpha$ : 2,55% en Zone rurale ; $\alpha$ : 3% en Zone urbaine) ;<br>n : Horizon du projet.). |

Équation 4 : Formule de Thomas MALTHUS

❖ Population raccordée

La population raccordée s'obtient en faisant le produit de la population totale et le taux de raccordement aux différents horizons selon l'équation suivante :

| Expression  | Paramètres   |
|---|--|
| $P_r = P_n \times T_r$ $T_n = T_0 \times (1 + T_r)^n$ | $P_r$ : Population raccordée ;<br>$T_r$ : Taux de raccordement (%) ;<br>$T_0$ : Taux d'accroissement à l'année de référence ;<br>n : nombre d'années à l'échéance du projet. |

Équation 5 : Formules de calcul de la population raccordée (ZOUNGRANA, 2003)

### V.2.5 Estimation de la demande

L'évaluation des demandes et des besoins en eau s'est fait grâce aux informations recueillies sur le RGPH et les prescriptions édictées par le maitre d'ouvrage, notamment l'estimation de la population à desservir et les différentes consommations spécifiques selon différents usages.

Ainsi les différents besoins en eau sont répartis selon le mode d'usage, on a :

- Besoins domestique ;
- Besoin socio-économique ;
- Besoin journalier moyen et de pointe.

❖ Les besoins domestiques

Pour l'estimation des besoins domestiques, la méthode analytique sera utilisée. Cette méthode permet d'estimer les consommations futures en suivant le rythme de croissance démographique et urbaine de la localité. Les besoins domestiques ont été estimés à partir de la formule définie ci-dessous :

| Expression                      | Paramètres   |
|---------------------------------|--|
| $Bd = T_r \times P_0 \times Cs$ | $Bd$ : Besoins domestique ( $m^3/j$ );<br>$T_r$ : Taux de raccordement (%) ;<br>$P_0$ : Population à l'année de référence ;<br>$Cs$ : Coefficient spécifique ( $l/jr/hab$ ). |

Équation 6 : Formule de la demande domestique

❖ **Les besoins socio-économiques ;**

Les besoins économiques, sociaux et agricoles peuvent représenter entre 5 à 20% des besoins domestiques (ZOUNGRANA, 2003). Dans cette étude, les besoins socio-économiques sont fixés à 15% des besoins domestiques.

❖ **Les besoins journaliers moyens et besoins journaliers de pointe**

Les besoins journaliers moyens dans le cadre de ce projet sont obtenus en additionnant les besoins domestiques et les besoins socio-économiques. Les besoins journaliers de pointe est obtenue en intégrant le coefficient de pointe journalier (Cpj) de 1,15. Ils seront estimés respectivement par les formules suivantes :

| Expression   | Paramètres  |
|--|---|
| $B_{jm} = B_d + B_s$ $B_{jp} = C_{PS} \times C_{pj} \times B_{jm}$ | <p>B<sub>jm</sub> : Besoins journaliers moyens (m<sup>3</sup>/j) ;<br/>                     B<sub>d</sub> : Besoin domestique (m<sup>3</sup>/j) ;<br/>                     B<sub>s</sub> : Besoin social (m<sup>3</sup>/j) ;<br/>                     C<sub>ps</sub> : Coefficient de pointe saisonnière ;<br/>                     C<sub>pj</sub> : Coefficient de pointe journalière ;<br/>                     B<sub>jp</sub> : Besoin journalier de pointe (m<sup>3</sup>/j).</p> |

Équation 7: Formule des besoins journalier de pointe

**V.2.6 Estimation de la demande en eau et des débits de dimensionnement**

❖ **Demande journalière de pointe**

La demande journalière de pointe représente la quantité d'eau qui sera envoyée du château pour satisfaire les besoins en eau des populations. Elle est obtenue en tenant compte des pertes du réseau et celles dues au traitement. Son expression est la suivante :

Équation 8 : Formule du besoin journalier de pointe

| Expression                                     | Paramètres   |
|--|--|
| $D_{jp} = \frac{B_{jp}}{\eta_r \times \eta_t}$ | <p>D<sub>jp</sub> : Demande journalière de pointe (m<sup>3</sup>/j) ;<br/>                     η<sub>r</sub> : Rendement du réseau ; B<sub>jp</sub> : Besoin journalier de pointe (m<sup>3</sup>/j) ; η<sub>t</sub> : Rendement du traitement.</p> |

Les débits sont obtenus par calculs à partir des formules qui suivent (ZOUNGRANA, 2003)

❖ Débit de production

Le débit de production sert au calcul des ouvrages de production et de la conduite de refoulement d'eau brute.

| Expression                 | Paramètres   |
|----------------------------|--|
| $Q_{prod} = \frac{Djp}{T}$ | <p><math>Q_{prod}</math> : Débit de production (m<sup>3</sup>/h) ;</p> <p>T : Temps de fonctionnement des installations (h) ;</p> <p>Djp : Demande journalière de pointe (m<sup>3</sup>/j) ;</p> |

Équation 9 : Formule du débit de production

❖ Débit d'adduction

Le débit d'adduction sert au calcul des ouvrages de stockage (la bêche d'eau traitée) et de la conduite d'adduction.

| Expression                              | Paramètres  |
|---|---|
| $Q_{add} = \frac{Bjp}{\eta_r \times T}$ | <p><math>Q_{add}</math> : Débit de d'adduction (m<sup>3</sup>/h) ;</p> <p>T : Temps de fonctionnement des installations (h) ;</p> <p><math>\eta_r</math> : Rendement du réseau.</p> |

Équation 10 : Formule du débit d'adduction

❖ Débit de distribution

Le réseau de distribution est dimensionné sur la base du débit de pointe horaire.

| Expression   | Paramètres  |
|--|---|
| $Q_{ph} = \frac{Bjp \times Cph}{\eta_r \times 24}$ | <p><math>Q_{ph}</math> : Débit de pointe horaire (m<sup>3</sup>/h) ;</p> <p><math>\eta_r</math> : Rendement du réseau ;</p> <p>Cph : Coefficient de pointe horaire ;</p> <p>Bjp : Besoin journalier de pointe (m<sup>3</sup>/j) ;</p> |

Équation 11 : Formule du débit de distribution

❖ Déficit

L'évaluation des déficits consiste à soustraire la capacité de production actuelle à la capacité de production projetée à l'horizon du projet. L'objectif est d'observer les écarts entre les deux débits de production afin de déterminer le débit de projet pour le renforcement du système.

## V.2.7 Analyse de la disponibilité de la ressource en eau

### V.2.7.1 Site de captage de la rivière Marahoué

À l'issue de l'état des lieux, nous notons que la ville de Bouaflé est actuellement alimentée en eau potable à partir du captage et du traitement des eaux de la rivière Marahoué au pont (Route Bouaflé-Bonon). Du point de vue hydrologique, la station hydrométrique la plus proche du site de captage des eaux de surface se trouve au même endroit. Cette station dispose de données récentes. Ainsi pour les analyses hydrologiques, le choix va se porter sur les débits observés à cette station. Selon l'exploitant, la capacité de production actuelle de la station est de 140 m<sup>3</sup>/h plus le débit projet de la première phase réalisé qui est de 400 m<sup>3</sup>/h ce qui nous donne un total de 540 m<sup>3</sup>/h de production totale. En comparaison au débit du projet, la production actuelle est insuffisante pour couvrir les besoins en eau de la zone du projet, d'où la nécessité d'étendre la filière de production par la construction d'une deuxième unité de traitement (ressource d'eau pérenne, captage, traitement, refoulement et distribution). Les coordonnées de la zone de captage sont :

Tableau 7 : Coordonnées de la zone de captage

| Type            | Latitude     | Longitude    |
|-----------------|--------------|--------------|
| zone de captage | 6°58'26.07"N | 5°45'13.77"O |

### V.2.7.2 Recherche de la ressource en Eau

La ressource d'eau identifiée pour la phase 2 concernant le renforcement de l'AEP de la zone d'étude est la rivière Marahoué étant donné qu'elle est la seule ressource d'eau de surface dans la ville. Sachant que cette même ressource est utilisée pour la phase 1, nous nous posons la question suivante : Cette ressource est-elle capable de fournir à tout moment et en toutes saisons la quantité d'eau requise à l'horizon du projet ?

La réponse à cette question va conduire à l'étude hydrologique de la rivière Marahoué. Elle consistera à analyser des données hydrométriques (débits minimum journalier, débit maximum journalier et module annuel). Dans le cadre de ce projet, nous étudierons le module annuel, les crues et les étiages. Les étiages qui représentent les débits les plus faibles que la rivière a connu, nous permettrons de savoir si la rivière serait capable de fournir le débit projet dans le cas le plus défavorable.

### V.2.7.3. Présentation des données hydrométriques utilisées

Les données hydrométriques utilisées dans cette étude proviennent de la station jaugée de Bouaflé située sur la rivière Marahoué. Celle-ci est située à proximité de la zone de captage de la ville de Bouaflé. Les données hydrométriques sur la rivière Marahoué ont été fournies par

l'entreprise INFRATP-IC à travers la SODEXAM. Les données disponibles au niveau de cette station couvrent que la période 1971-2008. Les caractéristiques de la station hydrométrique utilisée sont consignées dans le tableau 8.

Tableau 8: Informations sur la station jaugée de Bouaflé

| Code           | Station (rivière)  | Type                  | Latitude | Longitude | Période   | Superficie drainée (km <sup>2</sup> ) |
|----------------|--------------------|-----------------------|----------|-----------|-----------|---------------------------------------|
| 10901010<br>06 | Bouaflé (Marahoué) | Station hydrométrique | 6°58'N   | 5°45O     | 1971-2008 | 19800                                 |

Source : © HSM - SIEREM 2010 - Stations de COTE D'IVOIRE avec des Débits

#### V.2.7.4. Contrôle et analyse des données hydrométriques

Le test d'homogénéité à l'échelle annuelle de Wilcoxon (Siegel S 1956) sera utilisé pour contrôler les séries de données hydrométriques sous la base des tests d'hypothèses. Le logiciel calcule les moyennes de ces deux séries et les compare, si elles sont proches ou identiques, la série est homogène au risque d'erreur de 5%. Le test de stationnarité de Kendall quant à lui permet de vérifier si les caractéristiques statistiques sont invariantes dans le temps et dans l'espace. La non-stationnarité est en particulier caractérisée par un changement brusque ou graduel dans la moyenne. Ces tests d'hypothèses seront effectués à partir du logiciel HyfranPlus.

#### V.2.7.5 Analyse fréquentielle

Les extrêmes hydrologiques sont constitués des crues et étiages tandis que les débits moyens sont les modules. Ainsi, la connaissance de ces paramètres est indispensable dans les projets d'approvisionnement en eau potable et permet d'éviter un surdimensionnement des ouvrages hydrauliques (Soro, 2015). L'analyse fréquentielle va consister à ajuster la série statistique d'étiage et de crue à une loi de distribution. Cette analyse se fera à partir du logiciel HyfranPlus.

- Les quantiles de crues en période sèche et humide pour diverses périodes de retour sont estimés à l'aide de la loi de probabilité la plus appropriée parmi les distributions de probabilités suivantes : Gumbel, GEV et Weibull. Une justification théorique de l'application de ces lois au cas des valeurs maximales annuelles est proposée par (Beirlant et al., 1996).
- Les lois de Log-Pearson type 3, Gamma et Gamma inverse ont été ajustées aux séries d'étiages. Parmi ces trois lois ci-dessus mentionnées, celle qui décrit au mieux la distribution de probabilité des étiages est retenue pour estimer les quantiles pour diverses périodes de retour. Ce choix se base en partie sur les travaux de Catalogne.

(Catalogne, 2012).

- Dans le but de déterminer la loi statistique qui décrit le mieux les séries de modules, trois lois sont proposées. Ce sont les lois Normal ou Gauss, Log-normale 2 et Lognormale 3. Le choix de ces lois de probabilité s'appuie sur les considérations théoriques et des études antérieures (Roche, 1963).

Ainsi le choix de la loi la plus adéquate pour décrire la distribution statistique sera appuyé sur le critère d'information d'Akaike (CIA) et le critère d'information Bayésien (CIB) (Akaike H 1974). L'estimation des paramètres des distributions de probabilité s'est faite par la méthode du maximum de vraisemblance (MV).

Tableau 9 : Critères d'information

| Variable      | Loi statistiques   | Méthode d'estimation | Critère de comparaison |
|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| Crue          | Gumbel             | MV                   | CIA et CIB             |
|               | GEV                |                      |                        |
|               | Weibull            |                      |                        |
| Étiage        | Log-Pearson type 3 | MV                   |                        |
|               | Gamma              |                      |                        |
|               | Gamma inverse      |                      |                        |
| Module annuel | Normale            | MV                   |                        |
|               | Lognormale 3       |                      |                        |
|               | Lognormale 2       |                      |                        |

#### V.2.7.6 Evaluation saisonnière de la disponibilité de la ressource en eau

L'évaluation saisonnière se fera en tenant compte des variations réelles de la rivière Marahoué à Bouaflé pendant les différentes saisons climatiques. Vu la baisse des débits en période critique il est indispensable de tenir compte du régime hydrologique du cours d'eau afin d'optimiser l'approvisionnement en eau potable des populations. Les débits moyens (modules), maximaux (crues) et minimaux (étiages) à la station vont permettre d'évaluer si la quantité d'eau dont on dispose dans la rivière est suffisante pour alimenter les populations des régions concernées.

##### V.2.7.6.1 Débit moyen annuel

Le calcul du débit moyen annuel donne une idée sur la quantité d'eau disponible en moyenne sur le Bassin de Bouaflé. Son expression est donnée par la relation suivante :

Équation 12 : Formule du debit moyen annuel(N'CHO A. 2022)

| Expression                                | Paramètres   |
|---|--|
| $Q_{ma} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_i}{12}$ | <p><math>Q_{ma}</math> = débit moyen annuel (m<sup>3</sup>/s) ;<br/> <math>Q_i</math> = débit moyen mensuel (m<sup>3</sup>/s) ;<br/> <i>i</i> = rang de chacun des 12 mois de l'année.</p> |

#### V.2.7.6.2 Coefficient mensuel de débit (CMD)

L'identification des périodes de hautes et basses eaux va consister à la détermination du régime hydrologique par le calcul le coefficient mensuel de débit (CMD) décrit par Fadika (Fadika V 2012). La détermination du coefficient mensuel de débit se fera en fonction de la relation suivante :

| Expression              | Paramètres  |
|-------------------------|---|
| $CMD = \frac{Q_i}{Q_m}$ | <p><math>Q_i</math> : débit moyen mensuel (m<sup>3</sup>/s) ;<br/> <math>Q_m</math> : débit moyen annuel (m<sup>3</sup>/s) ;<br/> <i>i</i> : rang de chacun des 12 mois de l'année.</p> |

Équation 13 : Formule du coefficient mensuel de débit (N'CHO A.2022)

NB : Si  $CMD > 1$  alors le mois correspond à une période de hautes eaux.

Si  $CMD < 1$  alors le mois correspond à une période de basses eaux.

#### V.2.7.6.3 Débit réservé saisonnier

Le débit réservé ou débit minimum biologique est le débit minimal à maintenir en permanence dans un cours d'eau au droit de l'ouvrage pour sauvegarder les équilibres biologiques et les usages de l'eau en aval. Le débit réservé n'est pas une notion hydrologique, mais plus une contrainte règlementaire. Dans la pratique, ce débit réservé est égal au dixième (1/10) du module saisonnier.

#### V.2.7.6.4 Débit d'eau à prélever à l'échelle saisonnière

Les volumes d'eau potentiellement prélevables sont définis de manière que soit maintenu, dans la rivière Marahoué, le débit réservé. Il est obtenu en retranchant du module saisonnier, le débit réservé.

#### V.2.7.7 Evaluation journalière de la disponibilité de la ressource en eau

Cette échelle d'évaluation de la disponibilité en eau a été entreprise pour prendre en compte des variations journalières susceptibles d'être occultées par une évaluation globale à l'échelle saisonnière, mensuelle ou annuelle de la ressource en eau de surface. Cette évaluation est basée

sur l'extraction des débits caractéristiques d'étiages et leur analyse à la lumière des prélèvements envisagés. Les indices d'étiages qui seront pris en compte sont :

- ☞ QMNA (Débit Mensuel minimal de chaque Année civile) est une valeur du débit mensuel d'étiage atteint par un cours d'eau pour une année donnée. Calculé pour différentes durées : 2 ans, 5 ans, etc., Il permet d'apprécier statistiquement le plus petit écoulement d'un cours d'eau sur une période donnée
- ☞ Le VCN<sub>x</sub> correspond au plus faible débit moyen enregistré sur une période consécutive de x jours. La valeur du VCN communique une information sur le tarissement des cours d'eau. Le chiffre accolé indique pour combien de jours consécutifs il est exprimé (VCN<sub>30</sub> plus faible débit moyen de 30 jours consécutifs).  
Pour notre étude nous nous sommes intéressés au VCN<sub>20</sub> VCN<sub>10</sub> et VCN<sub>5</sub> ;

Pour extraire certains débits caractéristiques (QMNA, VCN<sub>20</sub> VCN<sub>10</sub> et VCN<sub>5</sub>), il s'est avéré primordial d'utiliser des débits journaliers, une représentation sous forme de courbes des débits classés sera faite, puisque la représentation sous forme d'hydrogramme donne uniquement une évolution des débits journaliers dans l'ordre chronologique d'occurrence. Cette courbe des débits classés est obtenue en rangeant les débits quotidiens (en m<sup>3</sup>/s) par ordre décroissant, et en portant en abscisse le nombre de jours de l'année (0 à 365j) et en ordonnée les débits classés (en m<sup>3</sup>/s), et ceci permettra de donner une idée sur le régime d'écoulement (Brahya et al 2007). Cette évaluation nous permettra en outre de conclure sur la nécessité ou pas de mettre en œuvre des moyens de sécurisation de la ressource en eau pour garantir l'approvisionnement en eau des populations.

## V.2.8 Conception et dimensionnement du seuil

### V.2.8.1 Détermination de la crue du projet

Le débit de crue du projet représente le débit maximal écoulé à l'exutoire du bassin versant. Le bassin versant de la Marahoué étant un bassin jaugé. L'analyse statistique des débits de crues nous permettra d'avoir le débit décennal, cinquantennal et centennal du projet.

### V.2.8.2 Choix du site du seuil

Le choix du site du seuil se fera à partir du réseau hydrographique, et de la topographie du bassin (levé topographique et bathymétrique). Il sera donc question de rechercher les réseaux majeurs constitutifs à l'écoulement et de définir différents exutoires en vue de rechercher la vallée qui présente le plus grand encaissement afin de minimiser la quantité de remblai à

apporter et mobiliser le volume nécessaire d'eau au sein de la retenue.

Aux vues de toutes ces contraintes, le choix du site aura pour exigences de répondre à la fois :

- ✓ À la mobilisation des besoins en eau des populations ;
- ✓ Aux conditions d'exploitation optimum de la retenue ;
- ✓ Au souci de rentabilité économique afin d'optimiser aux mieux le cout du projet.

Ainsi il sera réalisé plusieurs profils en travers et un profil en long sur les emplacements possibles de l'ouvrage.

### V.2.8.3 Détermination des dimensions du seuil

Il s'agira ici de déterminer les dimensions de l'ouvrage, notamment la hauteur de pelle (H0) et la longueur du seuil. Ces dimensions se feront à partir les profils à travers et de la largeur du lit mineur.

## V.2.9 Choix de la zone et de l'ouvrage de captage

### V.2.9.1 Traitement des données bathymétriques

Le traitement des données bathymétriques et topographiques du site se fera de la manière suivante :

Etape 1 : traitement des données bathymétriques sur Excel. Il s'agira de ranger les données en diverses colonnes entre autres une colonne pour les longitudes, une colonne pour les latitudes et une colonne pour la profondeur +tirant d'eau ;

Etape 2 : enregistrer le fichier Excel en fichier texte tabulation ;

Etape 3 : importer le fichier texte tabulation sur Mensura ;

Etape 4 : modéliser le terrain et générer les courbes de niveau ;

Etape 5 : effectuer une analyse des courbes de niveau. L'objectif est de rechercher la courbe de niveau qui a la plus grande côte et qui encaisse mieux. La zone la mieux encaissée est la zone qui est constituée d'une multitude de courbe de niveau de différente côte ;

Etape 6 : délimiter la zone de captage de sorte que la pompe ne soit jamais dénoyée.

### V.2.9.2 Choix de l'équipement de prise d'eau

L'équipement choisi pour le captage des eaux brutes est un Mât de transfert + Mât Oscillant Immergé type Hydromobyl. Ses avantages sont les suivants :

- capter le débit nécessaire pour des faibles hauteurs d'eau ;
- s'adapter au cours d'eau dont le niveau est susceptible de subir des variations plus ou moins importantes ;
- prélever de l'eau de bonne qualité (sans extraction de matières solides et sans mettre en danger les groupes électropompes) et en grande quantité à de faibles tirants d'eau ;

- prélever l'eau sur de longues portées ;
- permettre le captage de l'eau dans le lit mineur de la rivière Bandama ;
- disposer d'un système de décolmatage automatique des grilles ou crépines dont les dimensions seront inférieures à 5 mm.

### V.2.9.3 Captage de l'eau brute

Les caractéristiques des équipements (pompes) à savoir la HMT et le débit ont été obtenues à partir des cotes fonctionnelles des pompes à installer.

## V.2.10 Dimensionnement des ouvrages et équipements hydrauliques

À cette étape, il sera question de déterminer les diamètres des conduites d'adduction, et également de déterminer les cotes fonctionnelles des pompes à installer. En outre, il s'agira également de dimensionner la station de traitement d'eau potable, les réservoirs d'eau et d'autres ouvrages annexes nécessaires au bon fonctionnement du projet.

### V.2.10.1 Conduite de refoulement

Dans ce projet, la nature de la conduite de refoulement sera en fonte ductile.

#### V.2.10.1.1 Diamètre et vitesse des conduites

Les diamètres intérieurs théoriques de la conduite de refoulement et d'adduction seront déterminés à l'aide des formules suivantes :

| Auteurs         | Formules                             |
|-----------------|--------------------------------------|
| Bresse          | $D_{th} = 1,5 \times \sqrt{Q}$       |
| Bresse modifiée | $D_{th} = 0,8 \times Q^{1/3}$        |
| Munier          | $D_{th} = (1+0,02n) \times \sqrt{Q}$ |
| Bonnin          | $D_{th} = \sqrt{Q}$                  |
| Bedjaoui        | $D_{th} = 1,27 \times \sqrt{Q}$      |

Équation 14 : Formules du diamètre théorique  $Q$  ( $m^3/s$ ) et  $D_{th}$  (m)

Après avoir obtenu des résultats du dimensionnement, le diamètre économique choisi sera celui qui vérifie les conditions de flamant.

### ❖ Condition de flamant

| Expression                 | Paramètres                                     |
|----------------------------|--|
| $V (m/s) \leq 0,6 + D (m)$ | V : vitesse en (m/s) ;<br>D : diamètre en (m). |

Équation 15 : Condition de flamant

### ❖ Calcul de vitesse théorique

Les vitesses d'écoulement admises pour les conduites en fonte seront prises entre 0,3 et 1,2 m/s pour les conduites d'adduction.

Les vitesses d'écoulement seront déterminées à partir de l'équation de continuité :

| Expression                              | Paramètres   |
|---|--|
| $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$ | Q : débit d'adduction en (m <sup>3</sup> /s) ;<br>D : diamètre intérieur de la conduite en (m) |

Équation 16 : Calcul de vitesse

#### V.2.10.1.2 Pose de conduites

Les conduites d'adduction seront posées le long de voies de communication pour les raisons d'exploitations et de mise en œuvre. Elles seront également enterrées pour les protéger contre les intempéries, de l'encombrement des voies de circulations et le risque de casse des conduites au passage de lourdes charges. La profondeur et la largeur minimale sont données par les formules ci-après :

| Expression   | Paramètres   |
|--|--|
| $H_{min} \geq 0,50 \text{ m} + D_{ex}$<br>$l_{min} \geq 0,40 \text{ m} + D_{ex}$ | $D_{ex}$ : Diamètre extérieur de la conduite ;<br>$H_{min}$ : Profondeur minimale ;<br>$l_{min}$ : Largeur minimale. |

Équation 17 : Condition de pose de conduite

A la pose des conduites, il faut une pente minimum de 0,3% à la montée et 0,4% à la descente (ZOUNGRANA, 2003). Par ailleurs, les conduites seront posées à une distance de 5 m de l'axe de voie de communication. Les profils en long seront réalisés à partir du logiciel Mensura Genius.

### V.2.10.1.3 Protection des conduites

#### ❖ Protection des points hauts

Au cours du fonctionnement de la conduite ou de sa mise en eau, il peut se produire divers phénomènes notamment l'accumulation d'air au niveau des points hauts qui peuvent conduire à une perte d'énergie en cas de pompage et aussi le risque de coup de bélier.

Il faut donc procéder à une purge adéquate des points hauts en installant des ventouses pour permettre l'évacuation et l'admission d'air dans la conduite pour mieux réguler la pression.

#### ❖ Protection des points bas

Les points bas des conduites seront protégés en installant des vidanges afin de vider la conduite et de procéder à son entretien. Le choix de la vidange dépendra du diamètre de la conduite à vider.

#### ❖ Protection des conduites contre les variations de pression

Dans un réseau en charge, toute modification du régime d'écoulement notamment pour donner suite à une modification du débit, provoquée par une manœuvre ou un arrêt brusque de pompage est susceptible de générer un ensemble de phénomènes appelés écoulement transitoire. Ce phénomène transitoire est dû à une variation de pression (surpressions et dépressions). Alors, dans ce projet, nous mettrons un accent sur la protection des conduites en régime transitoire de notre installation hydraulique. Pour ce faire, nous adopterons la démarche suivante :

##### • Vitesse de propagation des ondes de pression, célérité

La détermination de la vitesse de propagation de l'onde (célérité) sera faite à partir de la formule d'Allievi suivante :

| Expression  | Paramètres   |
|---|--|
| $C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \times \frac{D}{e}}}$ | C : célérité ou vitesse de propagation de l'onde(m/s) ;<br>K : constante selon la nature de la conduite;<br>K = 1 (fonte) ;<br>e : épaisseur de la conduite (m) ;<br>D: diamètre intérieur de la conduite (m). |

Equation 18 : Calcul de la célérité

##### • Effet du coup de bélier

Les perturbations occasionnées par une manœuvre ou un incident sur une conduite ont des résultats différents. Selon la durée de la perturbation et le temps d'aller-retour de l'onde, on a une perturbation lente (partielle ou totale) ou rapide (partielle ou totale).

L'interprétation du type de perturbation sera déterminée à partir des relations suivantes :

| Expression                      | Paramètres   |
|---------------------------------|--|
| $T_{ar} = \frac{2 \times L}{c}$ | <p><math>T_{ar}</math> : temps aller – retour de l'onde ;</p> <p><math>L</math> : longueur de la conduite (m) ;</p> <p><math>C</math> : célérité ou vitesse de propagation de l'onde(m/s).</p> |

Équation 19 : Calcul du temps aller-retour de l'onde

On dira que la perturbation est rapide si la durée de la perturbation  $\tau$  est inférieure au temps d'aller et retour des ondes le long de la conduite ( $\tau \leq T_{ar}$ ), dans le cas contraire on dira que la perturbation est lente ( $\tau > T_{ar}$ ).

- **Variation de la pression**

La pression selon qu'elle soit totale ou partielle sera déterminée par les expressions suivantes :

| Expressions                         |   | Paramètres  |
|-------------------------------------|---|---|
| Perturbation totale                 | Perturbation partielle                      | <p><math>\Delta H</math> : Variation de pression (m) ;</p> <p><math>V_0</math> : vitesse d'écoulement de la conduite (m/s) ;</p> <p><math>g</math> : accélérateur de pesanteur (<math>g = 9,81 \text{ m/s}^2</math>) ;</p> <p><math>V_1</math> : vitesse d'écoulement initiale (m/s) ;</p> <p><math>V_2</math> : vitesse d'écoulement après perturbation.</p> |
| $\Delta H = \frac{C \times V_0}{g}$ | $\Delta H = \frac{C \times (V_1 - V_2)}{g}$ |   |

Équation 20 : Calcul de la surpression lors d'une perturbation rapide (Lawani A.

MOUNIROU, 2018)

- **Calcul de la surpression et de la dépression**

Elles sont données par :

| Expressions                   | Paramètres  |
|-------------------------------|---|
| $\Delta P_1 = HMT + \Delta H$ | <p><math>\Delta P_1</math> : surpression (m) ;</p> <p>HMT : Hauteur Manométrique Totale (m) ;</p> <p><math>\Delta H</math> : Variation de pression (m).</p> |
| $\Delta P_2 = HMT - \Delta H$ | $\Delta P_2$ : dépression (m).  |

Équation 21 : Calcul de la surpression et de la dépression (Lawani A. MOUNIROU, 2018)

Il s'agira ici de vérifier s'il y a nécessité de poser des anti-béliers sur le réseau. Il y a risque de coup de bélier lorsque la surpression est supérieure à la pression maximale admissible ( $\Delta P_1 > PMA$ ) ou la dépression est négative et inférieure à la pression atmosphérique ( $\Delta P_{min} < 0$ ) ; avec  $PMA = 1,2 \times PN$ .

- **Courbe de pression dynamique**

Une courbe de pression dynamique se fera dans le cas où nos installations hydrauliques présentent des risques de coup de bélier afin de déterminer avec exactitude les zones présentant

des coups de bélier par surpression ou par dépression.

Après vérification s'il y a nécessité de poser un anti-bélier, le logiciel Cebel mail sera utilisée pour déterminer le volume du ballon anti-bélier.

#### V.2.10.1.4 Simulation hydraulique

La modélisation du réseau consiste à la simulation de l'évolution de l'état hydraulique du réseau. En effet, on peut y modifier la structure ou les conditions de fonctionnement. De plus, la résolution ou le calcul du modèle nous aide à mieux connaître le comportement du réseau physique soumis à des hypothèses variées. Cette modélisation nous prévoit en cas de mauvais fonctionnement du réseau physique de résoudre en avance le problème. Elle facilite aussi le choix entre plusieurs options en phase de conception ou d'évolution du réseau. Finalement, elle permet de mieux comprendre le réseau physique et d'améliorer sa gestion. Les données d'entrée pour le calage du modèle sont :

- les demandes d'eau aux différents nœuds ;
- les altitudes des différents nœuds ;
- la charge totale de la bâche ;
- le diamètre des tuyaux ;
- la longueur des tuyaux ;
- le débit et la HMT des pompes

Afin de s'assurer un bon fonctionnement du réseau, il faudra s'assurer que les vitesses d'adduction soient comprises entre 0,6 et 1,5 m/s, les pertes de charges unitaires soient inférieures à 5 m/km et que les pressions au nœud soient égales au moins à 10 m.

#### V.2.10.2 Station de pompage

##### ❖ Choix du site de la station de pompage

Le choix du site de la station de pompage doit tenir compte des besoins en eau à satisfaire, de la ressource en eau et des contraintes liées à la ressource notamment des plus basses eaux, des plus hautes eaux et du débit solide. Dans le cadre de ce projet, l'eau sera pompée à partir de la rivière Marahoué à Bouaflé.

##### ❖ Choix et disposition de la pompe

Le choix de la pompe se fera en raison des contraintes techniques. Il s'agira plus spécifiquement de déterminer le schéma général du système de pompage notamment le choix de la pompe et les dispositions. Le choix de la pompe sera fait en consultant les abaques (HMT ; Débit) du catalogue constructeur. La démarche à suivre pour la détermination de la pompe s'articulera autour des points suivants :

- **Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)**

La détermination de la hauteur manométrique totale se fera en fonction de la relation suivante:

| Expression  | Paramètres   |
|---|--|
| $HMT = H_{géo} + \sum \Delta H + \Delta P \ell g$ | <p><math>H_{géo}</math> : Hauteur géométrique (m) ;</p> <p><math>\sum \Delta H</math> : somme des pertes de charges (m) ;</p> <p><math>\Delta P \ell g</math> : différence de pression entre l'entrée et la sortie</p> |

Équation 22 : Formule de la hauteur manométrique totale (Lawani A. MOUNIROU, 2018)

- **Détermination des pertes de charges sur le réseau d'adduction**

Les pertes de charges qui existent au niveau des conduites sont : les pertes de charge linéaires ( $H_l$ ) et les pertes de charge singulières ( $H_s$ ). Nous utiliserons la formule de Darcy-Weisbach pour la détermination des pertes de charge linéaires.

| Expression                        | Paramètres  |
|-----------------------------------|---|
| $H_l = \lambda \frac{U^2 L}{2gD}$ | <p><math>H_l</math> : Pertes de charge linéaires ;</p> <p><math>\lambda</math> : coefficient de frottement ;</p> <p><math>U</math> : vitesse moyenne en m/s ;</p> <p><math>Q</math> : débit en <math>m^3/s</math> ;</p> <p><math>D</math> : le diamètre interne de la conduite du tronçon de conduite considérée en mm ;</p> <p><math>L</math> : la longueur du tronçon de conduite en m ;</p> <p><math>g</math> : l'accélération de la pesanteur (<math>m/s^2</math>).</p> |

Équation 23 : Formule des pertes de charges linéaires de Darcy-Weisbach

Le nombre de Reynolds permet de déterminer dans quel régime d'écoulement on se situe afin de trouver au mieux l'expression adaptée au calcul du coefficient de frottement. Il sera donc déterminé par la formule ci-après.

| Expression                                      | Paramètres  |
|---|---|
| $Re = \frac{4 \times Q}{v \times \pi \times D}$ | <p><math>Q</math> : Débit (<math>m^3/s</math>) ;</p> <p><math>v</math> : viscosité cinématique (m/s) ;</p> <p><math>D</math> : diamètre interne de la conduite (m) ;</p> <p><math>Re</math> : nombre de Reynold ;</p> <p><math>g</math> : accélération de pesanteur (<math>m^2/s</math>).</p> |

Équation 24 : Formule du nombre reynolds

Le coefficient de frottement sera déterminé à l'aide de la formule de Colebrook. La relation du coefficient de frottement pour un nombre de Reynold supérieur à 4000 ( $Re > 4000$ ) est donnée par la relation suivante :

| Expression   | Paramètres  |
|--|---|
| $\lambda = \frac{0,25}{[\log(\frac{\epsilon}{3,71 * D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}})]^2}$ | $\lambda$ : Coefficient de frottement ;<br>$Re$ : Nombre de Reynolds ;<br>$\xi$ : la rugosité absolue (0,01 mm pour le PVC et 0,1 mm pour les conduites fontes) ;<br>$\nu$ : viscosité cinématique : $\nu = 10^{-6} m^2/s$ ;<br>$Q$ : le débit en $m^3/s$ ;<br>$D$ : le diamètre interne de la conduite du tronçon de conduite considérée (m) |

Équation 25 : Calcul du coefficient de frottement

- **Détermination des pertes de charges singulières**

Les pertes de charges singulières seront estimées à 10% des pertes de charges linéaires.

- **Détermination du NPSH disponible**

Le NPSH disponible renseigne sur les risques de cavitation pouvant détériorer la pompe.

Elle sera déterminée à partir de la formule suivante :

| Expression   | Paramètres  |
|--|---|
| $NPSHd = \frac{Patm - Pvs}{\rho g} - Ha - \Delta Ha$ | $NPSHd$ : charge nette minimale disponible (m) ;<br>$NPSHr$ : Charge indiquée par le constructeur (m) ;<br>$Patm$ : pression atmosphérique (m) ;<br>$\rho$ : masse volumique de l'eau ( $kg/m^3$ ) ;<br>$g$ : l'intensité de la pesanteur ( $m/s^2$ ) ;<br>$Ha$ : hauteur d'aspiration (m) ;<br>$Pvs$ : Pression de vapeur saturante (m) ;<br>$\Delta H$ : pertes de charge totales à l'aspiration (m). |

Équation 26 : Formule de la charge nette d'aspiration disponible (NPSH)

Afin de vérifier s'il y a risque de cavitation, nous allons utiliser la relation suivante :

$$NPSHd > NPSHr + 0.5 m$$

On affirmera qu'il y a risque de cavitation si l'équation ci-dessus n'est pas respectée.

- **Détermination de la puissance hydraulique de la pompe**

La détermination de la puissance de la pompe est importante, car elle permettra d'apprécier la consommation d'énergie de la pompe et donc son implacabilité financière dans l'évaluation du cout du projet.

Son expression est la suivante :

| Expression                               | Paramètres  |
|--|---|
| $Ph = HMT \times \rho \times g \times Q$ | <p>Ph : puissance hydraulique en Watt (W) ;<br/> HMT : hauteur manométrique totale en m ;</p> <p><math>\rho</math> : masse volumique de l'eau en Kg/m<sup>3</sup> ;<br/> g : l'intensité de la pesanteur en m/s<sup>2</sup> ;<br/> Q : débit en m<sup>3</sup>/s</p> |

Équation 27 : Formule de la Puissance hydraulique (Lawani A. MOUNIROU, 2018)

- **Détermination de la puissance absorbée par la pompe**

La puissance absorbée par la pompe a été obtenue à partir de la formule suivante :

| Expression             | Paramètres   |
|------------------------|--|
| $Pa = \frac{Ph}{\eta}$ | <p>Pab: puissance absorbée (W)<br/> Ph: puissance hydraulique (m)<br/> <math>\eta</math> : rendement de la pompe</p> |

Équation 28 : Formule de la Puissance absorbée (Lawani A. MOUNIROU, 2018)

### V.2.10.3 Ouvrages et équipements de la station de traitement

#### V.2.10.3.1 Dimensionnement de la station de traitement d'eau potable de Bouaflé

Dans cette partie, il sera question de proposer une filière de traitement des eaux de surface après avoir fait des analyses pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute de la rivière Marahoué. Dans la littérature, il est dit que le choix de la filière de traitement d'une eau de surface est fonction de ses caractéristiques physico-chimiques, biologiques et hydromorphologiques (**BESSEDIK 2016**).

Après analyse, il ressort que le bilan de la qualité de l'eau brute de la rivière Marahoué a montré un ensemble de caractères organoleptiques hors normes, du fait de sa forte turbidité (12 NTU) et forte couleur (30 mg/L Pt. Co). L'eau brute a présenté également un caractère hors normes en éléments gênants comme le fer (0,31 mg/L). Sur le plan bactériologique, l'eau brute de la rivière Bandama contient des germes naturellement présents qu'il faut éliminer. Les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute seront présentées en annexe de ce rapport.

Au regard de toutes ces remarques, l'eau brute de la rivière Bandama ne peut pas servir directement à la consommation humaine, elle doit être traitée. Pour le traitement de l'eau brute de la rivière Marahoué à Bouaflé, **la méthode pulsatube** sera utilisée. C'est une innovation qui

fait ses preuves dans beaucoup de pays notamment en Afrique de l'Ouest et spécifiquement en Côte d'Ivoire (voir Annexe 1 pour les résultats de l'analyse de l'eau brute).

### V.2.10.3.2 Présentation de la filière de traitement

La filière de traitement proposée compte tenu des caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute de la Marahoué comprend les étapes de traitement suivantes :

- Cascade d'aération ;
- Pré-oxydation ;
- Coagulation-floculation avec ajout de coagulant, de polymère et de lait de chaux pour l'ajustement du pH ;
- Décantation pulsatube ;
- Filtre à sable avec une régulation hydraulique par boîte de partialisation et siphon (Aquazur<sup>®</sup>T - technologie Degremont<sup>®</sup>) ;
- Désinfection finale.

Cette filière est illustrée suivant la figure 9 :

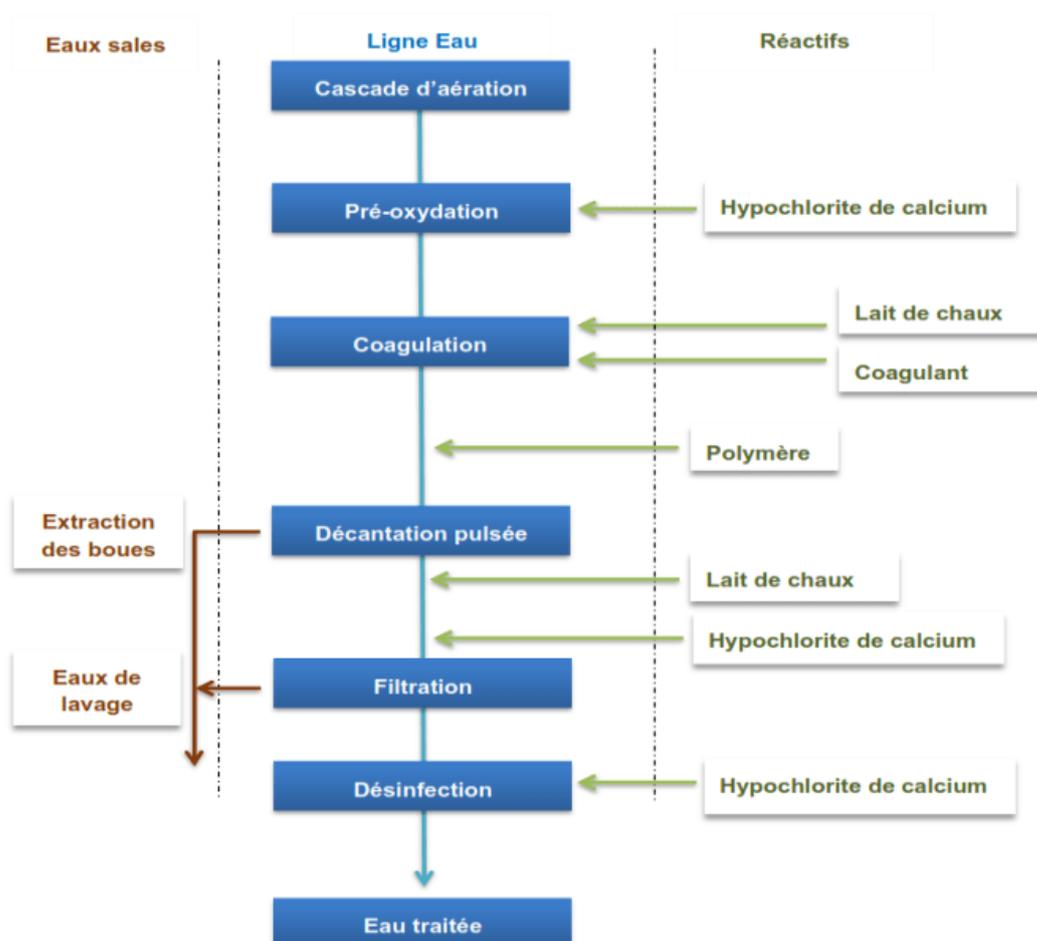


Figure 10 : Synoptique de la filière de traitement (SUEZ 2021)

### V.2.10.3.3 Description du procédé de traitement

#### ☞ Cascade d'aération

Le passage de l'eau brute à travers cette étape permet le dégazage du CO<sub>2</sub> et d'autre part l'oxydation du fer contenu dans l'eau brute par l'oxygène de l'air, ce qui va favoriser son élimination dans les étapes suivantes.

#### ☞ Pré-oxydation

En entrée de la station et en amont de la coagulation, une injection d'hypochlorite de calcium est prévue pour procéder à une pré-oxydation de l'eau en vue de favoriser le mécanisme de coagulation-floculation et l'oxydation des métaux comme le fer.

#### ☞ Bâche de coagulation

Le coagulant (sulfate d'alumine) et le lait de chaux seront injectés dans la bâche de coagulation pour un ajustement du pH de l'eau coagulée. Il va suivre l'étape de l'agitation rapide assurant ainsi un mélange homogène entre les réactifs injectés et l'eau brute et permet également une bonne coagulation des matières en suspension et autres colloïdes présents dans l'eau brute.

Du polymère sera injecté à la sortie de la bâche de coagulation. Le polymère va favoriser l'agrégation des floes préalablement formés dans la bâche de coagulation agitée, c'est la floculation.

#### ☞ Phase de traitement du procédé pulsatube

Le procédé pulsatube est une nouvelle technologie adoptée dans le traitement des eaux de surfaces. Il se diffère de la méthode classique par la présence des ouvrages tels que : un répartiteur, une cloche et un décanteur lamellaire (décanteur à lit de boue pulsé) qui permet de réaliser les opérations de coagulation, floculation et décantation dans un seul et même ouvrage. Les boues produites par floculation représentent une masse en expansion (lit de boues) dont l'homogénéité est maintenue grâce à un cycle pulsé à l'aide d'une cloche à vide. L'eau pré-solidifiée circule régulièrement et uniformément de bas en haut à travers ce lit de boue et apparaît transparente à la surface du décanteur. La vitesse de sédimentation est également optimisée grâce à la présence de modules lamellaires dans une zone d'eau claire au-dessus du lit de boues (technologie Degrémont).

Pour ce type de station de traitement, les dimensions du répartiteur, du décanteur, du filtre à sable, des bâches de désinfection sont à dimensionner.

### V.2.10.3.4 Dimensionnement du répartiteur

C'est un ouvrage qui assure la répartition égale du débit d'eau brute par compartiment entre les deux lignes de traitement soit **420 m<sup>3</sup>/h** par compartiment (840 m<sup>3</sup>/h). On rappelle que le

deuxième compartiment de la station de traitement 1 de la première phase sera mis en exécution dans la phase 2. C'est-à-dire nous aurons à construire 3 lignes de traitement de 420 m<sup>3</sup>/h dont l'une appartient à la station Phase 1 pour le renforcement de la ville de Bouaflé car celle-ci a été laissée en attente à cause des moyens financiers (soit 3\*420 m<sup>3</sup>/h = 1260 m<sup>3</sup>/h). Nous aurons à dimensionner 1 seul compartiment avec ses deux lignes de traitements pour un débit unitaire de 840 m<sup>3</sup>/h étant donné qu'elles ont des caractéristiques jumelles. C'est dans cet ouvrage que s'effectue l'injection et le mélange du coagulant et du floculant avec l'eau brute. Le déversoir sera de type rectangulaire en mince paroi. Les caractéristiques géométriques du déversoir de chaque compartiment sont évaluées sur la base des hypothèses et critères de conceptions présentés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Critère dimensionnement du répartiteur (SAVANE 2020)

| Désignation                   | Symbole | Données  | Valeur usuelle | Unité             |
|-------------------------------|---------|----------|----------------|-------------------|
| Type de crête                 |         | Arrondie |                |                   |
| Débit d'eau brute             | Qeb     | 840      |                | m <sup>3</sup> /h |
| Nombre de ligne de traitement |         | 2        |                |                   |
| Pesanteur                     | g       | 9,81     | 9,81           | m/s <sup>2</sup>  |
| Lame d'eau                    | h       | 0,3      | ≤ 0,5          | m                 |
| Epaisseur du seuil            | B       | 0,15     | -              | mm                |
| Temps de contact              | tc      | 1        |                | min               |
| Hauteur utile du répartiteur  | Hu      | 5,5      |                | m                 |
| Rapport h/B                   | (h/B)   | -        | (h/b) ≤ 1.5    | m                 |
| Largeur du canal              | l       | 3        | ≥(4*h)         | m                 |
| Revanche                      | r       | 0,3      | 0,2 à 0,4      | m                 |
| Pelle                         | P       | 3,6      | > 0,1          | m                 |

❖ Le rapport (h/B) permet de déterminer le coefficient du débit du seuil (m). Ce rapport est déterminé à l'aide de l'abaque (voir annexe) selon le type de crête (arrondie ou vive) ;

❖ La longueur du déversoir est déterminée par la formule suivante :

| Expressions                                    | Définition des paramètres   |
|--|---|
| $L = \frac{Q_{prod}}{m * \sqrt{2g} * h^{3/2}}$ | Qprod : débit en m <sup>3</sup> /s ;<br>L : longueur déversante en m ;<br>m : coefficient de débit du seuil ;<br>h : lame d'eau en m ;<br>g : accélération de la pesanteur (g= 9,81m/s <sup>2</sup> ).<br>h : lame d'eau en m ; |

Équation 29 : Calcul de la longueur du déversoir du répartiteur

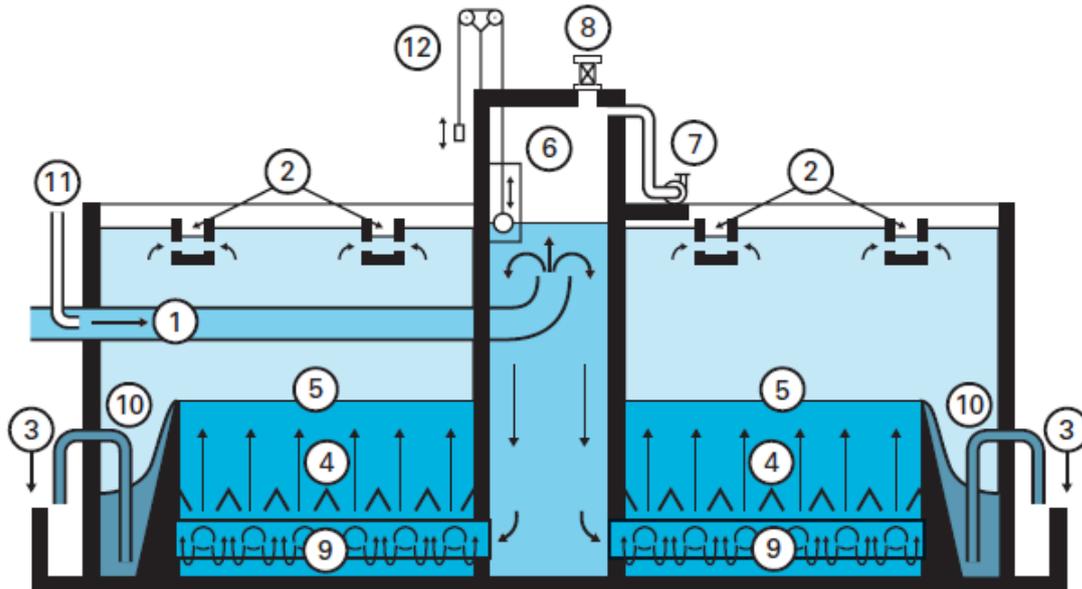
❖ Le volume utile du répartiteur est donné par la formule suivante :

|                      |  |
|----------------------|--|
| $V_u = Q_{eb} * t_c$ | $Q_{eb}$ : débit d'eau brute<br>$T_c$ : temps de contact |
|----------------------|--|

Équation 30 : Calcul du volume utile du répartiteur

### V.2.10.3.5 Dimensionnement du décanteur

Il est prévu deux (02) décanteurs de type Pulsator lamellisés de 420 m<sup>3</sup>/h. Le décanteur a deux (02) compartiments : la cloche et la zone de décantation.



- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1 - Arrivée d'eau brute.              | 7 - Pompe à vide ou ventilateur.                |
| 2 - Sortie d'eau décantée.            | 8 - Vanne automatique casse-vide.               |
| 3 - Extraction des boues.             | 9 - Tuyaux perforés de répartition d'eau brute. |
| 4 - Tranquillisateurs.                | 10 - Concentrateurs de boues.                   |
| 5 - Niveau supérieur du lit de boues. | 11 - Introduction des réactifs.                 |
| 6 - Cloche à vide                     | 12 - Interrupteur à flotteur.                   |

Figure 11 : Schéma détaillant le fonctionnement d'un décanteur lamellaire à lit de boue pulsé (SAVANE 2020)

L'eau brute (1) est envoyée continuellement dans la cloche (6) initialement vide, en même temps que les réactifs (11). Lorsque l'eau atteint le niveau d'un (01) mètre au-dessus de l'eau du décanteur, il s'ouvre une soupape qui rétablit la pression atmosphérique faisant chuter l'eau dans la zone du décanteur, créant une pulsation d'eau uniforme sous le lit de boue. Ce phénomène est cyclique et engendre une expansion régulière du lit de boue. Les turbulences créées par l'arrivée rapide de l'eau sont atténuées par le tranquillisateur (4) qui empêche la création de chemins préférentiels dans le lit de boue (5). La densité du lit de boue permet de retenir de façon optimale les matières en suspension. En le traversant, les matières dans l'eau

floculent, favorisées par le temps de séjour. Les boues en excès se déversent dans le concentrateur (10), et sont extraites périodiquement dans le canal d'évacuation des boues (3). A la sortie du lit de boue, l'eau atteint les modules lamellaires (12) qui limitent la turbulence de l'eau et retiennent les plus petites particules. Le choix de modules lamellaires à section hexagonale s'adapte particulièrement bien à la décantation rapide mise en œuvre. Ce type de modules permet de limiter la turbulence de l'écoulement et rend possible la rétention des plus petites particules en offrant une surface projetée plus importante. L'eau clarifiée est collectée et acheminée par des séries de goulottes vers les canaux de sortie d'eau décantée (2).

#### ❖ Dimensionnement de la cloche

La cloche est la zone où se réalise la coagulation-floculation. Dans cette cloche, l'air est aspiré à l'aide d'un compresseur (7). Lorsque l'eau atteint le niveau d'un mètre au-dessus de l'eau du décanteur, il s'ouvre une soupape qui rétablit la pression atmosphérique, permettant au liquide de descendre et de passer dans la zone du décanteur.

Tableau 11 : Paramètre de dimensionnement d'une cloche (SUEZ 2021)

| Désignation          | Symbole | Données | Unités            |
|----------------------|---------|---------|-------------------|
| Débit de la cloche   | Qc      | 420     | m <sup>3</sup> /h |
| Temps de remplissage | Tr      | 20      | s                 |
| Temps de vidange     | Tv      | 10      | s                 |
| Hauteur de la cloche | hc      | 1       | m                 |

La cloche du PULSATUBE est de forme carrée et est dimensionnée pour un temps de séjour de 20 secondes qui constitue le temps de remplissage de la cloche. Sa hauteur est prise égale à un (01) mètre.

| Expressions   | Définition des paramètres   |
|---|---|
| $Vc = Qc * Tr$ $Sc = \frac{Vc}{hc}$ $Qp = \frac{Vc}{Tr}$ $Lc = \sqrt{Sc}$ | <p>Vc : volume de la cloche m<sup>3</sup> ;</p> <p>Sc : Surface de la cloche m<sup>2</sup>;</p> <p>Qp : débit de la pompe à vide m<sup>3</sup>/h ;</p> <p>Lc : longueur de la cloche en m ;</p> |

Équation 31 : Dimensionnement de la cloche (SAVANE 2020)

#### ❖ Dimensionnement de la zone de décantation

C'est l'ouvrage où une partie importante de MES seront éliminées par le lit de boues pulsées et les lamelles. Les critères de dimensionnement sont résumés dans le tableau 12 :

Tableau 12 : Paramètres de dimensionnement de la zone de décantation du Pulsatube (SUEZ 2021)

| Désignation                                 | Symbole | Valeurs usuelles | Données | Unités                         |
|---|---------|------------------|---------|--------------------------------|
| Débit d'eau brute                           | Qeb     |                  | 1260    | m <sup>3</sup> /h              |
| Vitesse ascensionnelle dans les lamelles    | Vlam    | 4 à 8            | 5       | m/s                            |
| Vitesse ascensionnelle au miroir            | Vmir    | 7 à 12           | 8       | m/s                            |
| Vitesse ascensionnelle dans le lit de boues | Vlit    | 2 à 4            | 3       | m/s                            |
| Angle d'inclinaison des modules             | Θ       | 60               | 60      | °                              |
| Hauteur utile                               | Hu      |                  | 4       | m                              |
| Surface unitaire projetée                   | Su      |                  | 7       | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| Longueur d'un tube                          | L       |                  | 1       | m                              |
| Largeur d'un tube                           | l       |                  | 0.97    | m                              |
| Rapport                                     | L/l     | 1 à 3            | 2       |                                |

Les formules ayant servi au dimensionnement des paramètres du décanteur sont résumées dans le tableau 13 :

Tableau 13 : Calcul des dimensions du décanteur (SAVANE 2020)

| Désignation                          | Formule  | Unité          |
|--------------------------------------|--|----------------|
| Surface des lamelles, Slam           | $\frac{Q_{prod}}{V_{lam}}$                             | m <sup>2</sup> |
| Surface unitaire d'un filtre, Su     | $\frac{St}{N}$   | m <sup>2</sup> |
| Largeur des lamelles, llam           | $\sqrt{Sf / \left(\frac{L}{l}\right)}$                 | m              |
| Longueur des lamelles, Llam          | llam × L/l   | m              |
| Pourcentage actif, R                 | $\frac{2B + \text{moyenne}(A1; A2)}{2B + A1 + A2}$     | m <sup>3</sup> |
| Surface d'un lit de boue, Slit       | $\frac{Q_{prod}}{V_{lit}}$                             | m <sup>2</sup> |
| Surface en miroir, Smir              | $\frac{Q_{prod}}{V_{mir}}$                             | m <sup>2</sup> |
| Surface projetée, Sp                 | Slam × Su  |                |
| Nombre total des tubes ondulés, Nond | $\frac{Sp}{R \times L1 \times l1 \times \cos(\Theta)}$ |                |

| Désignation  | Formule                                    | Unité |
|--|--|-------|
| Nombre total des tubes ondulés par m <sup>2</sup> , Nond/ m <sup>2</sup> | $\frac{Nond}{Slam}$                        |       |
| Temps de séjour, Ts  | $\frac{Llam \times llam \times Hu}{Qprod}$ | s     |
| Vitesse de Hazen, Vh   | $\frac{Qprod}{Sp}$                         | m/h   |

Les caractéristiques ayant servi au dimensionnement sont présentées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Caractéristiques de dimensionnement d'un tube lamellaire (SAVANE 2020)

| Paramètres | Valeurs | Unités |
|------------|---------|--------|
| A1         | 30      | mm     |
| A2         | 30      | mm     |
| B          | 15      | mm     |
| E          | 90      | mm     |
| F          | 40      | mm     |
| G          | 80      | mm     |

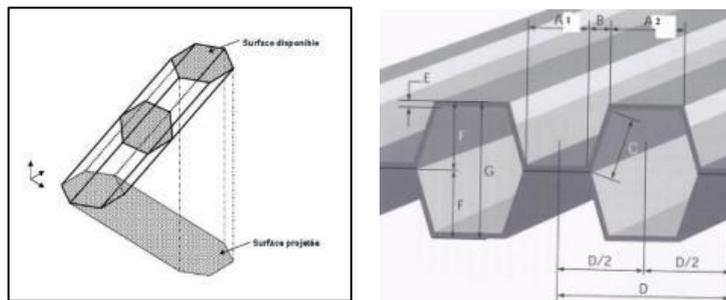


Figure 12 : Surface totale projetée (SUEZ, 2021)

#### ❖ Reprise d'eau clarifiée

Sur la partie supérieure du bassin, des tuyauteries perforées de collecte permettent la reprise uniforme de l'eau clarifiée en évitant toute irrégularité de vitesse dans les différentes parties de l'appareil. Ces goulottes de récupération déversent ensuite l'eau clarifiée dans un canal commun de répartition parcourant l'ensemble du pulsatube. A l'extrémité de chaque canal d'une unité de décantation, du lait de chaux est injecté pour assurer une reminéralisation de l'eau traitée.

Les eaux clarifiées du décanteur à lit de boue pulsé sont reprises dans un canal commun avant d'être distribuées vers les filtres à sable.

#### V.2.10.3.6 Filtration sur sable

C'est la dernière étape de la clarification. L'eau provenant du décanteur est filtrée à travers un filtre à microsable permettant d'évacuer les micro-flocs qui ne sont pas passés à travers le

décanteur. Il est prévu de réaliser une batterie de filtres à sable par ligne de traitement. Les filtres seront de type monocouche.

#### ❖ Dimensionnement d'un filtre

Le dimensionnement s'est effectué sur la base du débit de production et des critères de conception dans le tableau 15 :

Tableau 15 : Critères de dimensionnement des filtres (SAVANE 2020)

| Désignation                | Symbole           | Valeur usuelle | Valeur choisie | Unité                 |
|----------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Débit nominal              | Q <sub>prod</sub> |                | 1200           | m <sup>3</sup> /h     |
| Nombre de filtres          | N                 |                | 5              |                       |
| Vitesse de filtration      | V <sub>f</sub>    | 4.5 à 11       | 10             | m                     |
| Hauteur du massif filtrant | H <sub>m</sub>    | 0.8 à 1.5      | 0.9            | m                     |
| Hauteur d'eau sur massif   | H <sub>e</sub>    | 1 à 1.2        | 1              | m                     |
| Hauteur plancher de béton  | H <sub>s</sub>    |                | 0.35           | m                     |
| Rapport longueur/largeur   | L/l               |                | 2              |                       |
| Densité de buselures       |                   |                | 50             | Unités/m <sup>2</sup> |
| Revanche r                 |                   |                | 0.25           | m                     |
| Facteur de filtration      | k                 |                | 0.75           |                       |

Les formules ayant servi au dimensionnement des paramètres du filtre sont résumées dans le tableau 16 :

Tableau 16 : Dimensionnement des filtres (SAVANE 2020)

| Désignation                      | Formule  | unité             |
|----------------------------------|--|-------------------|
| Surface totale des filtres, St   | $\frac{Q_{prod}}{V_f}$                               | m <sup>2</sup>    |
| Surface unitaire d'un filtre, Su | $\frac{St}{N}$                                       | m <sup>2</sup>    |
| Hauteur totale des filtres, Ht   | H <sub>m</sub> + H <sub>e</sub> + H <sub>s</sub> + r | m                 |
| Largeur d'un filtre, lf          | $\sqrt{S_f / \left(\frac{L}{l}\right)}$              | m                 |
| Longueur d'un filtre, Lf         | lf × L/l   | m                 |
| Volume total des filtres, Vt     | St × Ht  | m <sup>3</sup>    |
| Volume d'un filtre, Vof          | Ht × lf × Lf   |                   |
| Débit d'eau par filtre, Qf       | $\frac{Q_{prod}}{N}$                                 | m <sup>3</sup> /h |

NB : la perte de charge qui actionne le lavage d'un filtre est généralement estimé par la formule suivante :

| Expressions                     | Définition de paramètres  |
|---------------------------------|---|
| $\Delta P = H_e + H_m \times k$ | H <sub>e</sub> : Hauteur d'eau sur massif ;<br>H <sub>m</sub> : Hauteur du massif filtrant ;<br>k : Facteur de filtration ; |

Équation 32 : Perte de charge lavage d'un filtre

### ❖ Lavage des filtres

Le lavage sera de type air et eau.

L'eau de lavage des filtres sera pompée dans le volume de réserve d'eau de lavage localisée sous les filtres à sable et dédié au lavage des filtres.

Pour éviter le colmatage des pores, les filtres seront lavés après le traitement. L'entretien se fera grâce à des pompes de lavage eau de surpresseurs pour le lavage à air. Le choix de ses pompes pour le lavage des filtres et le surpresseur a été effectué à l'aide des critères dans le tableau 17 :

Tableau 17 : Paramètres d'entretien des filtres (SUEZ, 2021)

| Phase de lavage               | Fluide injectés | Débit ( $m^3/h/m^2$ ) | Symboles | Durée (min) |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|----------|-------------|
| Détassage à l'air ( $m^3/h$ ) | Air             | 55                    | Qa       | 1           |
| Lavage air + eau              | Air et eau      | Air : 55 ; Eau : 8    | Qa+e     | 8           |
| Rinçage à l'eau               | Eau             | 20                    | Qr       | 10          |

### ❖ Dimensionnement des pompes de lavage des filtres

Les formules utilisées pour le dimensionnement des pompes sont résumées dans le tableau 18 :

Tableau 18 : Formules de dimensionnement des pompes de lavage et du surpresseur (SAVANE 2020)

| Expressions                                | Définition de paramètres   |
|--|--|
| $Q_{peau} = S_f \times Q_e$                | $Q_e$ : débit de lavage eau ( $8 m^3/h/m^2$ ) ;<br>$S_f$ : surface d'un filtre en $m^2$ ;<br>$Q_{peau}$ : débit de la pompe de lavage eau en $m^3/h$ ; |
| $Q_{prin} = S_f \times Q_r$                | $Q_{prin}$ : débit de la pompe pour le rinçage $m^3/h$ ;<br>$Q_r$ : débit spécifique d'eau le rinçage ( $20 m^3/h/m^2$ )                               |
| $Q_{surp} = S_f \times Q_a$                | $Q_{surp}$ : débit du surpresseur en $m^3/h$ ;<br>$Q_a$ : ébit de détassage à l'air ( $55 m^3/h/m^2$ )   |
| $V_{eau} = Q_{peau} \times T_l(eau + air)$ | $V_{eau}$ : volume d'eau nécessaire pour le lavage en $m^3$ ;<br>$T_l$ : durée de lavage eau + air (8 min)   |
| $V_{rin} = Q_{prin} \times T_{rin}$        | $V_{rin}$ : volume nécessaire pour le rinçage $m^3$ ;<br>$T_{rin}$ : durée de rinçage (10 min)   |
| $V_t = V_{eau} + V_{rin}$                  | $V_t$ : volume total d'eau requis pour le lavage   |

Le choix des pompes se fera en fonction de la HMT et du débit. Cette pompe devra couvrir la plage de débit de lavage et de rinçage.

### V.2.10.3.7 Réactifs utilisés

Les réactifs utilisés pour le traitement des eaux brutes sont consignés dans le tableau 19 :

Tableau 19 : Réactifs chimiques utilisés pour le traitement des eaux brutes (SAVANE 2020)

| Réactifs                  | Rôle   | Concentration (mg/l) |
|---------------------------|--|----------------------|
| Sulfate d'alumine         | Coagulant et floculant   | 100                  |
| L'hypochlorite de calcium | Pré chloration de l'eau brute et désinfection de l'eau filtrée | 10                   |
| Lait de chaux             | Reminéralisation de l'eau clarifiée                            | 50                   |

### V.2.10.3.8 Dimensionnement des pompes doseuses

Il s'agit de déterminer le débit théorique et le volume théorique de la pompe doseuse. Pour le faire, les formules suivantes ont été utilisées.

| Expressions                           | Définition de paramètres  |
|---------------------------------------|---|
| $Q_{th} = \frac{Q_{prod} * T_i}{C_b}$ | <p>Q<sub>th</sub> : débit théorique de la pompe doseuse en l/h ;</p> <p>Q<sub>prod</sub> : débit de production en m<sup>3</sup>/h ;</p> <p>T<sub>i</sub>: taux d'injection en mg/l ;</p> <p>C<sub>b</sub> : Concentration du réactif dans le bac mg/l</p> |
| $V_{th} = Q_{th} * T_a$               | <p>V<sub>th</sub> : volume théorique en l ;</p> <p>T<sub>a</sub> : Temps d'autonomisation en h</p>  |

Équation 33 : Dimensionnement des caractéristiques de la pompe doseuse (APD BOUAFLE 2017)

### V.2.10.3.9 Désinfection

La désinfection est l'étape finale au sein de l'usine de production d'eau potable. Elle permet de tuer ou d'inactiver les micro-organismes tels que les bactéries ou les virus ainsi que d'éviter le développement de ces micro-organismes dans les canalisations ou les réservoirs. Cette étape a lieu dans la bache d'eau filtrée.

#### ❖ Dimensionnement de la Bâche d'eau traitée

L'eau traitée, sera stockée dans une bache d'eau à construire. Cette bache est dimensionnée pour disposer d'une autonomie de 1 heure 30 pour assurer un temps de contact suffisant (généralement supérieur ou égal à 30min) avec le désinfectant.

Pour un souci d'espace, la bache de stockage sera de forme cylindrique et semi-enterrée. Ses caractéristiques géométriques telles que le volume, le diamètre et la hauteur sont déterminés selon la méthode suivante :

| Expressions                    | Définition de paramètres   |
|--------------------------------|--|
| $Vb = Q_{prod} \times T$       | Q <sub>prod</sub> : débit de production en m <sup>3</sup> /h ;<br>T : temps d'autonomie en heures (h) ;<br>V <sub>b</sub> : volume de la bache en m <sup>3</sup> |
| $Sb = \frac{Vb}{Hb}$           | S <sub>b</sub> : surface de base en m <sup>2</sup><br>H <sub>b</sub> : hauteur de la bache   |
| $Rb = \frac{Sb}{2 * \pi * Hb}$ | R <sub>b</sub> : rayon de la bache en m ;  |
| $Db = 2 * Rb$                  | Db : diamètre de la bache  |

Équation 34 : Dimensionnement des caractéristiques de la bache (APD KIMOUKRO 2017)

### V.2.10.3.10 Salle de reprise

Au niveau de la station de traitement, il sera prévu une salle de reprise (SR1) avec deux lignes de refoulement en vue de transférer l'eau traitée vers les châteaux avec une pression minimale admissible suivant le réseau primaire et vers la station de reprise de Gobazra. Le transfert d'eau traitée sera donc assuré par deux (02) lignes de reprise décrite ci-après :

- SR1.1 : une ligne de reprise transférera l'eau traitée de la station de traitement à partir de la bache d'eau traitée vers le nouveau château de Bouaflé ;
- SR1.2 : une ligne de reprise transférera l'eau traitée à partir de la bache d'eau traitée vers le Station de reprise de Gobazra SR2.

Une deuxième salle de reprise (SR2) située à Gobazra comportera deux lignes de refoulement pour assurer le refoulement vers le CE Gobazra et le CE Bonon. Les deux lignes de refoulement sont :

- SR2.1 : une ligne de reprise transférera l'eau traitée à partir de la bache d'eau traitée vers le nouveau château de Gobazra pour la desservir;
- SR2.2 : une ligne de reprise transférera l'eau traitée à partir de la bache d'eau traitée vers le château de Bonon.

### V.2.10.3.11 Ouvrages de stockage

Pour améliorer la desserte en eau de la zone du projet, et en tenant compte des contraintes topographiques, techniques et économiques pour assurer le stockage d'eau traitée pour une distribution optimale aux différents points de desserte, des châteaux d'eau et des réservoirs au sol ont été projetés.

Le volume d'un château est estimé en tenant compte de trois facteurs que sont : la réserve de distribution, la réserve de sécurité et la réserve incendie (Zoungrana, 2003).

| Expressions                            | Définition de paramètres  |
|--|---|
| $V_{ch} = 0,25 \times D_{jp} + V_{in}$ | $V_{ch}$ : volume du château ( $m^3$ );<br>$D_{jp}$ : demande journalière de pointe ( $m^3/j$ );<br>$V_{in}$ : volume incendie ( $120 m^3$ ). |

Équation 35 : Calcul du volume d'un château d'eau selon Zoungrana

Pour des contraintes économiques, le volume du château dans le cadre de ce projet a été estimé à :  $V_{ch} = 0,20 \times D_{jp}$  soit 20% de la demande journalière de pointe.

#### V.2.10.4 Raccordement électrique

La puissance à installer a été obtenue à partir de cette équation :

| Formule                     | Paramètres  |
|-----------------------------|---|
| $P_i = P_c \cdot \cos \phi$ | $P_i$ : puissance à installer (W);<br>$P_c$ : puissance à consommer (W);<br>$\cos \phi$ : facteur de puissance est pris égal à 0,8. |

Équation 36 : Formule de la puissance installée

#### V.2.11 Impact du projet

Les projets doivent être réalisés conformément aux directives de conservation des enjeux environnementaux et sociaux. L'objectif de la présente notice d'impact environnemental et social est d'étudier les impacts positifs et négatifs potentiels résultant de la construction et de l'exploitation du système AEP, en vue d'identifier les améliorations et d'atténuer les impacts négatifs.

#### V.2.12 Étude de faisabilité financière

Une étude financière est réalisée afin d'évaluer le coût global de la stratégie de renforcement du projet. Ce coût prend en compte toutes les charges liées au projet depuis la station d'exhaure jusqu'au château. Il englobe les installations générales de chantier, les voies d'accès, les voiries et réseaux divers des sites, les ouvrages en maçonnerie, les ouvrages de génie civil, les équipements hydromécanique, l'électricité, l'automatisme, les canalisations de refoulement. L'utilisation des conventions de marchés de la SODECI permettra d'obtenir le bordereau des prix unitaires sur la base desquels seront estimés les coûts.

## VI. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

### VI.1 Estimation de la demande et des besoins en eau

#### VI.1.1 Localités retenues

Compte tenu des conditions préétablies concernant la sélection et la typologie des emplacements concernés par le projet, les localités définitifs sélectionnés sont présentées dans le tableau 20 :

Tableau 20 : Localités retenues pour le projet

| Localités du projet |   |
|---------------------|---|
| <b>Urbaines</b>     | Bouaflé, Bonon, Bognonzra, Garango et Zaguieta  |
| <b>Rurales</b>      | N'gattakro, Akowèbo, Dabouzra, Nangrekro, Gobazra, Bonon 2, Biegon, Zanoufla et Benou |

On note que les résultats détaillés du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2021 n'étant pas disponible, alors le RGPH 2014 a donc été utilisé pour estimer les populations et les besoins en eau à l'horizon 2042 (H+15) du projet.

#### VI.1.2 Estimation de la population à l'horizon du projet

La population de la ville de Bouaflé et de ses localités environnantes est estimée à 504 662 à l'horizon 2042 (H+15) dont 401 531 seront raccordés au réseau de distribution soit plus de 80% de la population. Le tableau 24 ci-dessous présente la population de la zone du projet. Le détail des calculs sont présentés en annexe 2.

Tableau 21 : Estimation de la population à l'horizon du projet

| Horizons                         | H-13   | H-3     | H +0    | H+5     | H+10    | H+12    | H +15   |
|----------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Localités                        | 2014   | 2024    | 2027    | 2032    | 2037    | 2039    | 2042    |
| <b>Localités urbaines</b>        |        |         |         |         |         |         |         |
| AXE 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE |        |         |         |         |         |         |         |
| <b>Bouaflé</b>                   | 80389  | 108 036 | 118 054 | 136 857 | 158 655 | 168 317 | 183 924 |
| AXE 2 : STEP BOUAFLE- BONON      |        |         |         |         |         |         |         |
| <b>Bonon</b>                     | 92 523 | 124 343 | 135 873 | 157 514 | 182 602 | 193 723 | 211 686 |
| <b>Bognonzra</b>                 | 11 789 | 15 843  | 17 313  | 20 070  | 23 267  | 24 684  | 26 972  |
| <b>Garango</b>                   | 6 870  | 9 233   | 10 089  | 11 696  | 13 559  | 14 384  | 15 718  |
| <b>Zaguieta</b>                  | 9 790  | 13 157  | 14 377  | 16 667  | 19 321  | 20 498  | 22 399  |
| <b>Localités rurales</b>         |        |         |         |         |         |         |         |
| AXE 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE |        |         |         |         |         |         |         |
| <b>N'gattakro</b>                | 908    | 1 168   | 1 260   | 1 429   | 1 620   | 1 704   | 1 838   |
| AXE 2 : STEP BOUAFLE- BONON      |        |         |         |         |         |         |         |
| <b>Akowèbo</b>                   | 2 103  | 2 705   | 2 917   | 3 309   | 3 753   | 3 947   | 4 256   |
| <b>Dabouzra</b>                  | 829    | 1 066   | 1 150   | 1 304   | 1 479   | 1 556   | 1 678   |
| <b>Nangrekro</b>                 | 3 453  | 4 442   | 4 790   | 5 433   | 6 162   | 6 480   | 6 989   |
| <b>Gobazra</b>                   | 3 978  | 5 117   | 5 519   | 6 259   | 7 099   | 7 465   | 8 051   |
| <b>Bonon 2</b>                   | 3 510  | 4 515   | 4 869   | 5 523   | 6 264   | 6 587   | 7 104   |
| <b>Biegon</b>                    | 2 254  | 2 899   | 3 127   | 3 546   | 4 022   | 4 230   | 4 562   |
| <b>Zanoufla</b>                  | 2 902  | 3 733   | 4 026   | 4 566   | 5 179   | 5 446   | 5 873   |
| <b>Benou</b>                     | 1 784  | 2 295   | 2 475   | 2 807   | 3 184   | 3 348   | 3 611   |
| <b>Total projet</b>              | 223082 | 298552  | 325839  | 376980  | 436166  | 462369  | 504662  |

### VI.1.3 Estimation de la demande et des besoins

Les résultats des estimations de la zone totale du projet sont consignés dans le Tableau 22, détaillé en Annexe 3.

Tableau 22 : Demande en eau des populations de la zone du projet et besoin en eau du jour de pointe (m<sup>3</sup>/j)

| Horizons                      | Unités            | H-3    | H +0   | H+5    | H+10   | H+12   | H+15   |
|-------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Année                         | An                | 2024   | 2027   | 2032   | 2037   | 2039   | 2042   |
| Besoins domestiques           | m <sup>3</sup> /j | 7 165  | 7 459  | 10 481 | 14 707 | 17 582 | 21 221 |
| Besoins socio-économique      | m <sup>3</sup> /j | 1 075  | 1 119  | 1 572  | 2 206  | 2 637  | 3 183  |
| Besoin journalier moyen       | m <sup>3</sup> /j | 8 240  | 8 577  | 12 053 | 16 913 | 20 219 | 24 404 |
| Besoins journaliers de pointe | m <sup>3</sup> /j | 9 970  | 10 379 | 14 584 | 20 464 | 24 465 | 29 529 |
| Demande journalière de pointe | m <sup>3</sup> /j | 12 347 | 12 853 | 18 061 | 25 343 | 30 297 | 36 569 |

#### VI.1.4 Estimation des débits de dimensionnement

Les débits de dimensionnement sont illustrés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Débits de dimensionnement (m<sup>3</sup>/h) à l'horizon projet

| Paramètres            | Unités              | Horizon 0 | Horizon +5 | Horizon +10 | Horizon +12 | Horizon +15 |
|-----------------------|---------------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Année                 | An                  | 2027      | 2032       | 2037        | 2039        | 2042        |
| Débit de production   | (m <sup>3</sup> /h) | 643       | 903        | 1 267       | 1 515       | 1 828       |
| Débit d'adduction     | (m <sup>3</sup> /h) | 611       | 858        | 1 204       | 1 439       | 1 737       |
| Débit de distribution | (m <sup>3</sup> /h) | 804       | 1 130      | 1 586       | 1 896       | 2 288       |

#### VI.1.5 Analyse du déficit d'eau potable et choix du débit projet

Selon l'état des lieux, la production actuelle de la station de traitement de Bouaflé est de **540 m<sup>3</sup>/h** répartie comme suit :

- **140 m<sup>3</sup>/h** refoulé par la station existante pour l'axe 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE ;
- **400 m<sup>3</sup>/h** refoulé par la station de traitement de la phase 1 en construction du projet pour l'axe: STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE.

Le débit de production actuelle est estimé à 540 m<sup>3</sup>/h contre 1828 m<sup>3</sup>/h à l'horizon du projet (2042), Par conséquent, le taux de production du projet est la différence entre le taux de production à l'horizon projet et le taux de production actuel. Les résultats sont présentés dans le tableau 24 :

Tableau 24 : Résultat du déficit de production

| Année | Horizons | Q Production (m <sup>3</sup> /h) | Q Adduction (m <sup>3</sup> /h) | Q Distribution (m <sup>3</sup> /h) | Déficit production (m <sup>3</sup> /h) |
|-------|----------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|
| 2024  | H -3     | 617                              | 586                             | 773                                | 77                                     |
| 2027  | H +0     | 643                              | 611                             | 804                                | 103                                    |
| 2032  | H +5     | 903                              | 858                             | 1130                               | 363                                    |
| 2037  | H +10    | 1267                             | 1204                            | 1586                               | 727                                    |
| 2039  | H +12    | 1515                             | 1439                            | 1896                               | 975                                    |
| 2042  | H +15    | 1828                             | 1737                            | 2288                               | 1288                                   |

On obtient donc un déficit de **1288 m<sup>3</sup>/h**. Pour des contraintes financières, le débit projet arrêté par le maître d'ouvrage délégué est **1200 m<sup>3</sup>/h**. Ainsi, le dimensionnement des ouvrages et équipements hydrauliques notamment les pompes de la station d'exhaure, la conduite d'eau brute, les ouvrages de la station de traitement sera fait en tenant compte du débit projet retenu. Connaissant donc le débit qu'il faut, la prochaine étape va consister à l'étude hydrologique en vue d'évaluer la disponibilité de la ressource en eau en toute saison.

## VI.2 Évaluation de la disponibilité de la ressource

### VI.2.1 Présentation de la rivière Marahoué

Principal cours d'eau de la zone du projet, la rivière Marahoué est un affluent de la rivière Bandama. Elle est longue de 550 km et prend sa source au sud-ouest de Boundiali dans la région Bagoué du district des Savanes<sup>1</sup>. Elle coule vers le sud et se jette en rive droite du Bandama entre Bouaflé et Yamoussoukro. Elle donne son nom à la région Marahoué et au Parc national de la Marahoué. Ses affluents sont le Yani et le Beré.

### VI.2.2 Analyse des paramètres hydrologiques

#### VI.2.2.1 Analyse de l'homogénéité des débits

Le tableau 25 présente les résultats de contrôle de l'homogénéité à l'aide du test de Wilcoxon. Les résultats montrent que diverses valeurs p sont supérieures au seuil de 5 % précédemment défini. Cela conduit à l'hypothèse que le risque d'uniformité des séquences est de 5 %. La valeur moyenne des deux sous-échantillons est acceptée (1971-1989 ; 1990-2008) sont égales. À la

lumière des résultats obtenus, on peut donc confirmer l'homogénéité des séries des données hydrométriques.

Tableau 25 : Résultats du test d'homogénéité appliqué aux séries hydrométriques de la station de Bouaflé.

| Débit         | Seuil | P-value    | Statistiques du test | H0       |
|---------------|-------|------------|----------------------|----------|
| Crue          | 5%    | p = 0,465  | W  = 0,730           | Acceptée |
| Etiage        | 5%    | p = 0,0703 | W  = 1,81            | Acceptée |
| Module Annuel | 5%    | p = 0,661  | W  = 0,438           | Acceptée |

### VI.2.2.2 Analyse du caractère stationnaire des débits

Les résultats du tableau 26 montrent que les différentes valeurs de p-value sont supérieures à la valeur du seuil 5% préalablement défini. Cela conduit à accepter le caractère stationnaire des séries de débits au risque de 5%, c'est-à-dire les différentes séries n'ont pas tendance à augmenter (ou diminuer) avec le temps.

Tableau 26 : Résultats du test de stationnarité appliqué aux séries hydrométriques de la station de Bouaflé

| Débit         | Seuil | P-value   | Statistique du test | H0       |
|---------------|-------|-----------|---------------------|----------|
| Crue          | 5%    | p = 0,466 | K  = 0,729          | Acceptée |
| Etiage        | 5%    | p = 0,223 | K  = 1,22           | Acceptée |
| Module Annuel | 5%    | p = 0,497 | K  = 0,679          | Acceptée |

### VI.2.2.3 Analyse de l'indépendance des débits

Les résultats du tableau 27 montrent que les différentes valeurs de p-value sont supérieures à la valeur du seuil 5% préalablement défini. Nous pouvons affirmer que les différentes séries sont indépendantes.

Tableau 27 : Résultats du test d'indépendance appliqué aux séries hydrométriques de la station de Bouaflé

| Débit         | Seuil | p-value    | Statistique du test | H0       |
|---------------|-------|------------|---------------------|----------|
| Crue          | 5%    | p = 0,386  | U  = 0,866          | Acceptée |
| Etiage        | 5%    | p = 0,0998 | U  = 1,65           | Acceptée |
| Module Annuel | 5%    | p = 0,0579 | U  = 1,90           | Acceptée |

Au regard des résultats ci-dessus, nous pouvons affirmer qu'il y a aucune tendance dans les séries. Les tests d'hypothèses ont été appliqués aux séries de débit de crue, d'étiage et du module annuel de la station pluviométrique de Bouaflé (test d'indépendance de Wald-

Wolfowitz, test d'homogénéité de Wilcoxon et test de stationnarité de Kendall). Les tableaux 25, 26 et 27 montre les résultats d'application de ces différents tests d'hypothèses. L'analyse de ces tableaux a permis de constater que les tests d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité restent valables pour nos données à un seuil de 5 % (seuil de rejet de H0). Ces résultats montrent que les données hydrométriques considérées sont constituées par des valeurs homogènes, stationnaires et indépendantes. Ainsi, les série des débits de la station de Bouaflé vérifie les conditions d'application de l'analyse fréquentielle. L'ajustement statistique est donc possible.

#### VI.2.2.4 Etiages et crues exceptionnelles

Sur la rivière Marahoué à Bouaflé la plus grande valeur de débit correspondant à la crue exceptionnelle est observée le **17 septembre 1971** avec un débit de 924 m<sup>3</sup>/s tandis que la valeur minimale des débits correspond à plusieurs dates pour un débit d'écoulement quasiment nulle. Cette valeur exprime déjà qu'à certaines périodes de l'année nous avons un écoulement faible ce qui caractérise l'étiage exceptionnel.

Tableau 28 : Crues et étiages exceptionnels sur la rivière Marahoué

| Paramètres | Dates             | Débit (m <sup>3</sup> /s) |
|------------|-------------------|---------------------------|
| Crue       | 17 septembre 1971 | 924                       |

#### VI.2.2.5 Analyse de l'occurrence des modules, crues et étiages

##### VI.2.2.5.1 Estimation des quantiles de modules annuels

Le Tableau n°29 présente le classement des lois ajustées aux séries de débits moyens annuels. D'après les critères de comparaison, c'est la loi normale qui s'ajuste bien aux modules de la rivière Marahoué. Les modules à la station de Bouaflé pour diverses périodes de retour sont consignés dans le tableau 30. En année humide, pour une fréquence de non-dépassement de 0,90 c'est-à-dire une période de retour de 10 ans, la valeur du module estimées est de l'ordre de 107 m<sup>3</sup>/s. En année sèche, pour la même fréquence au non-dépassement, le module moyen à Bouaflé est de 51 m<sup>3</sup>/s.

Tableau 29 : Comparaison des lois statistiques pour l'ajustement des modules de la rivière Marahoué à la station de de Bouaflé sur la période 1971-2008

| Loi statistique | Nombre de paramètres | Critères de comparaison |         | Classement |
|-----------------|----------------------|-------------------------|---------|------------|
|                 |                      | CIA                     | CIB     |            |
| <b>Normale</b>  | <b>2</b>             | 367.843                 | 371.119 | <b>1</b>   |
| Lognormale 3    | 3                    | 367.758                 | 372.671 | 2          |
| Lognormale 2    | 2                    | 380.183                 | 383.458 | 3          |

Tableau 30 : Valeurs des quantiles des modules de la rivière Marahoué Bouaflé

| Station hydrométrique | Année  | Fréquence au non-dépassement | Période de retour (ans) | Module estimé (m <sup>3</sup> /s) |
|-----------------------|--------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Bouaflé               | Humide | 0,99                         | 100.0                   | 128                               |
|                       |        | 0,98                         | 50.0                    | 123                               |
|                       |        | <b>0,97</b>                  | <b>34.0</b>             | <b>119</b>                        |
|                       |        | 0,90                         | 20.0                    | 114                               |
|                       |        | 0,95                         | 10.0                    | 107                               |
|                       |        | 0,80                         | 5.0                     | 97,9                              |
|                       |        | 0,66                         | 3.0                     | 89,5                              |
|                       | Sèche  | 0,99                         | 100.0                   | 65,8                              |
|                       |        | 0,98                         | 50.0                    | 62                                |
|                       |        | <b>0,97</b>                  | <b>34.0</b>             | <b>59,6</b>                       |
|                       |        | 0,95                         | 20.0                    | 56,2                              |
|                       |        | 0,90                         | 10.0                    | 51                                |
|                       |        | 0,80                         | 5.0                     | 44,8                              |
|                       |        | 0,66                         | 3.0                     | 39                                |

#### VI.2.2.5.2 Estimation des quantiles de crues

Le Tableau n°31 présente le classement des lois ajustées aux séries de débits de crues. Les débits de crues seront ajustés à la loi de Weibull (figure 17). L'occurrence des crues à la station de Bouaflé est consignée dans le tableau 32. Les crues décennales humide et sèche estimées sont respectivement de l'ordre de 698 m<sup>3</sup>/s et 265 m<sup>3</sup>/h.

Tableau 31 : Comparaison des lois statistiques pour l'ajustement des débits de crues de la rivière Marahoué à la station de de Bouaflé sur la période 1971-2008

| Loi statistique | Nombre de paramètres | Critères de comparaison |         | Classement |
|-----------------|----------------------|-------------------------|---------|------------|
|                 |                      | CIA                     | CIB     |            |
| <b>Weibull</b>  | <b>2</b>             | 522,603                 | 519,327 | <b>1</b>   |
| Gumbel          | 2                    | 523,023                 | 519,748 | 2          |
| GEV             | 3                    | 525,819                 | 520,906 | 3          |

Tableau 32: Valeurs des quantiles de débits de crues

| Station hydrométrique | Année  | Fréquence au non-dépassement | Période de retour (ans) | Crue estimé (m <sup>3</sup> /s) |
|-----------------------|--------|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Bouaflé               | Humide | 0,99                         | 100                     | 1040                            |
|                       |        | 0,98                         | 50                      | 946                             |
|                       |        | <b>0,97</b>                  | <b>34</b>               | <b>891</b>                      |
|                       |        | 0,95                         | 20                      | 812                             |
|                       |        | 0,90                         | 10                      | 698                             |
|                       |        | 0,80                         | 5                       | 569                             |
|                       |        | 0,67                         | 3                       | 457                             |
|                       | Sèche  | 0,99                         | 100                     | 8,26                            |
|                       |        | 0,98                         | 50                      | 36,9                            |
|                       |        | <b>0,97</b>                  | <b>34</b>               | <b>84,8</b>                     |
|                       |        | 0,95                         | 20                      | 141,6                           |
|                       |        | 0,90                         | 10                      | 265                             |
|                       |        | 0,80                         | 5                       | 310                             |
|                       |        | 0,67                         | 3                       | 457                             |

#### VI.2.2.5.3 Estimation des quantiles d'étiages

Le tableau 33 présente le classement des lois ajustées aux séries de débits d'étiages. D'après les critères de comparaison, c'est la loi à deux paramètres qui s'ajustent bien aux étiages de la rivière Marahoué. Les quantiles d'étiages à la station de Bouaflé au niveau du site probable de prélèvement sont présentés dans le tableau 34.

Tableau 33 : Comparaison des lois statistiques pour l'ajustement des débits d'étiages de la rivière Marahoué à la station

| Loi statistique  | Nombre de paramètres | Critères de comparaison |         | Classement |
|------------------|----------------------|-------------------------|---------|------------|
|                  |                      | CIA                     | CIB     |            |
| <b>Gamma</b>     | <b>2</b>             | 522.603                 | 519.327 | <b>1</b>   |
| Gamma Inverse    | 2                    | 523.023                 | 519.748 | 2          |
| Log-Pearson type | 3                    | 525.819                 | 520.906 | 3          |

Tableau 34 : Valeurs des quantiles de débits d'étiages

| Station hydrométrique | Année  | Fréquence au non-dépassement | Période de retour (ans) | Crue estimé (m <sup>3</sup> /s) |
|-----------------------|--------|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Bouaflé               | Humide | 0,99                         | 100                     | 1,60                            |
|                       |        | 0,98                         | 50                      | 1,39                            |
|                       |        | <b>0,97</b>                  | <b>34</b>               | <b>1,27</b>                     |
|                       |        | 0,95                         | 20                      | 1,10                            |
|                       |        | 0,90                         | 10                      | 0,88                            |
|                       |        | 0,80                         | 5                       | 0,66                            |
|                       |        | 0,67                         | 3                       | 0,49                            |
|                       | Sèche  | 0,99                         | 100                     | 0,0275                          |
|                       |        | 0,98                         | 50                      | 0,0526                          |
|                       |        | <b>0,97</b>                  | <b>34</b>               | <b>0,0861</b>                   |
|                       |        | 0,95                         | 20                      |                                 |
|                       |        | 0,90                         | 10                      | 0,205                           |
|                       |        | 0,80                         | 5                       | 0,338                           |
|                       |        | 0,67                         | 3                       | 0,49                            |

### VI.2.3 Besoins en eau

Dans cette présente étude les besoins à couvrir pour le projet sont estimés à 1200 m<sup>3</sup>/h soit 24000 m<sup>3</sup>/j.

### VI.2.4 Disponibilité de la ressource

Les débits moyens à la station de Bouaflé permettent d'évaluer si la quantité d'eau dont on dispose dans la rivière est suffisante pour réaliser une alimentation eau durable de Bouaflé et des localités environnantes. La disponibilité de la ressource eau a été analysé par certains par le biais de certains termes dont le débit saisonnier, le débit moyen annuel et le débit prélevable. La figure 12 présente le régime hydrologique de la rivière Marahoué.

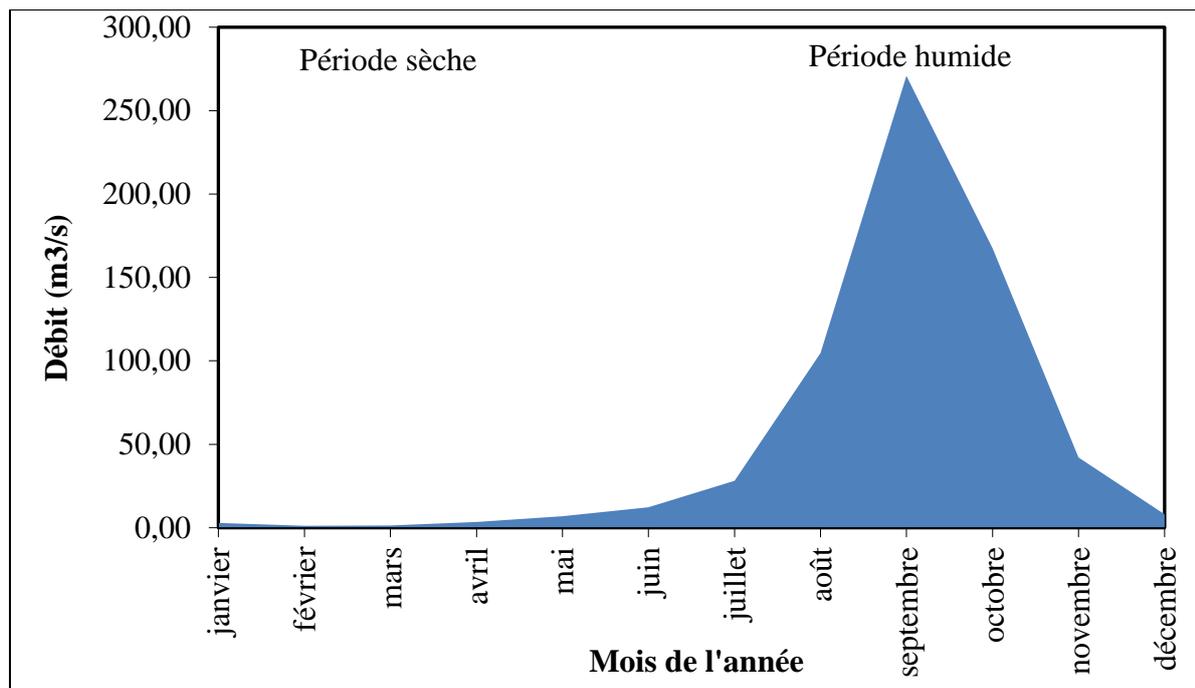


Figure 12 : Régime hydrologique de la rivière Marahoué

## VI.2.5 Analyse de la disponibilité de la ressource basée sur les débits saisonniers

### VI.2.5.1 Débit moyen saisonnier

La rivière Marahoué connaît deux périodes de basses eaux de janvier à juillet et de novembre à décembre et une période de hautes eaux d'août à octobre (tableau 35). Cette situation peu commune est liée au régime climatique auquel est soumis le bassin versant. Au cours des différentes périodes excédentaire (humide) et déficitaire (sèche), ce débit moyen connaît des fluctuations importantes. Cela se traduit au niveau de indices hydrométriques standardisés par une alternance de valeurs positives et négatives plus ou moins importantes illustré par la figure 20. De 1973 à 1979 et de 1995 à 2003, la période est déficitaire tandis que de 1979 jusqu'en 1989 et de 2003 à 2005, la période est excédentaire. Les variations saisonnières du débit moyen au cours des périodes de hautes eaux et de basses eaux sont consignées dans le tableau 36.

Tableau 35 : Période basses eaux et de hautes eaux de la rivière Marahoué

| Mois         | Jan.        | Fév. | Mars | Avril. | Mai  | Juin  | Juil. | Août        | Sept.  | Oct.   | Nov.        | Déc. |
|--------------|-------------|------|------|--------|------|-------|-------|-------------|--------|--------|-------------|------|
| CMD          | 0.05        | 0.02 | 0.03 | 0.06   | 0.13 | 0.22  | 0.52  | 1.94        | 5.01   | 3.10   | 0.78        | 0.15 |
| Débit (m3/s) | 2.80        | 1.11 | 1.40 | 3.37   | 6.84 | 12.16 | 28.05 | 104.77      | 270.83 | 167.51 | 42.15       | 8.09 |
| Période      | Basses eaux |      |      |        |      |       |       | Hautes eaux |        |        | Basses eaux |      |

Tableau 36 : Débits moyens saisonniers de la rivière Marahoué

| Période considérée | Saison Hydrologique               | Débit moyen (m <sup>3</sup> /s) à Bouaflé |
|--------------------|-----------------------------------|---|
| 1971-2008          | Janvier à Juillet (basses eaux)   | 7,96                                      |
|                    | Août à Octobre (hautes eaux)      | 181,04                                    |
|                    | Novembre à décembre (basses eaux) | 25,12                                     |

### VI.2.5.2 Débit réservé saisonnier

Le débit réservé est le débit minimal obligatoire d'eau que les propriétaires ou gestionnaires d'un ouvrage hydraulique (lac, plan d'eau, barrage, seuil, unité hydroélectrique...) doivent réserver au cours d'eau et au fonctionnement minimal des écosystèmes ainsi qu'à tous les usages de l'eau. Concernant la station hydrométrique de Bouaflé, le débit réservé a été évalué suivant les périodes de hautes et basses eaux présenté dans le tableau 37.

Tableau 37: Débits moyens saisonniers réservés de la rivière Marahoué

| Période considérée | Saison Hydrologique               | Débit moyen (m <sup>3</sup> /s) à Bouaflé |
|--------------------|-----------------------------------|---|
| 1971-2008          | Janvier à Juillet (basses eaux)   | 0,80                                      |
|                    | Août à Octobre (hautes eaux)      | 18,10                                     |
|                    | Novembre à décembre (basses eaux) | 2,51                                      |

### VI.2.5.3 Débit saisonnier prélevable

C'est la quantité d'eau possible de prélever par unité de temps dans un ouvrage hydraulique afin de répondre aux besoins des populations tout en pérennisant la ressource.

Tableau 38 : Débits prélevable sur la rivière Marahoué

| Période considérée | Saison Hydrologique               | Débit moyen (m <sup>3</sup> /s) à Bouaflé |
|--------------------|-----------------------------------|---|
| 1971-2008          | Janvier à Juillet (basses eaux)   | 7,16                                      |
|                    | Août à Octobre (hautes eaux)      | 162,94                                    |
|                    | Novembre à décembre (basses eaux) | 22,61                                     |

### VI.2.5.5 Rapport des besoins et de la disponibilité de la ressource

Dans cette étude, les besoins à couvrir pour le renforcement en eau potable de la ville de Bouaflé et des localités environnantes sont estimés à 1200 m<sup>3</sup>/h. L'analyse du rapport des besoins et de la disponibilité en eau de surface montre que les besoins hydriques envisagés sont satisfaisants à l'échelle saisonnière.

Tableau 39 : Besoins et disponibilité en eau à l'échelle saisonnière

| Période Considérée | Saison Hydrologique               | Débit moyen à la prise de Divo (m <sup>3</sup> /h) | Besoins (m <sup>3</sup> /h) | Bilan                     |
|--------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|---------------------------|
| 1971-2008          | Janvier à juillet (basses eaux)   | 25776  | 1200                        | Besoin hydrique satisfait |
|                    | Août à octobre (hautes eaux)      | 586584   | 1200                        | Besoin hydrique satisfait |
|                    | Novembre à décembre (basses eaux) | 81396  | 1200                        | Besoin hydrique satisfait |

Cependant, cette évaluation saisonnière ne fait pas apparaître les fluctuations journalières des débits alors que ceux-ci peuvent impacter sur de courtes durées l'approvisionnement en eau potable. D'où la nécessité d'une évaluation journalière de la ressource à l'aide des variables caractéristiques d'étiages.

### VI.2.6 Analyse de la disponibilité de la ressource basée sur les débits moyens journaliers

Le tableau 40 montre les valeurs d'étiage caractéristiques de 1971 à 2008 sur la rivière Marahoué. L'analyse de la figure montre que pendant quelques jours de l'année, les débits journaliers sur la rivière Marahoué sont inférieurs aux besoins en eau de la ville de Bouaflé (0,333 m<sup>3</sup>/s).

Tableau 40 : Débits caractéristiques d'étiages

| Cours d'eau                | Caractéristique statistique | Débit caractéristique d'étiages (m <sup>3</sup> /s) |       |      |
|----------------------------|-----------------------------|---|-------|------|
|                            |                             | VCN20   | VCN10 | QMNA |
| Rivière Marahoué à Bouaflé | Minimum                     | 0,00  | 0,00  | 0,00 |
|                            | Moyenne                     | 0,36  | 0,29  | 0,74 |
|                            | Maximum                     | 2,55  | 2,25  | 6,55 |

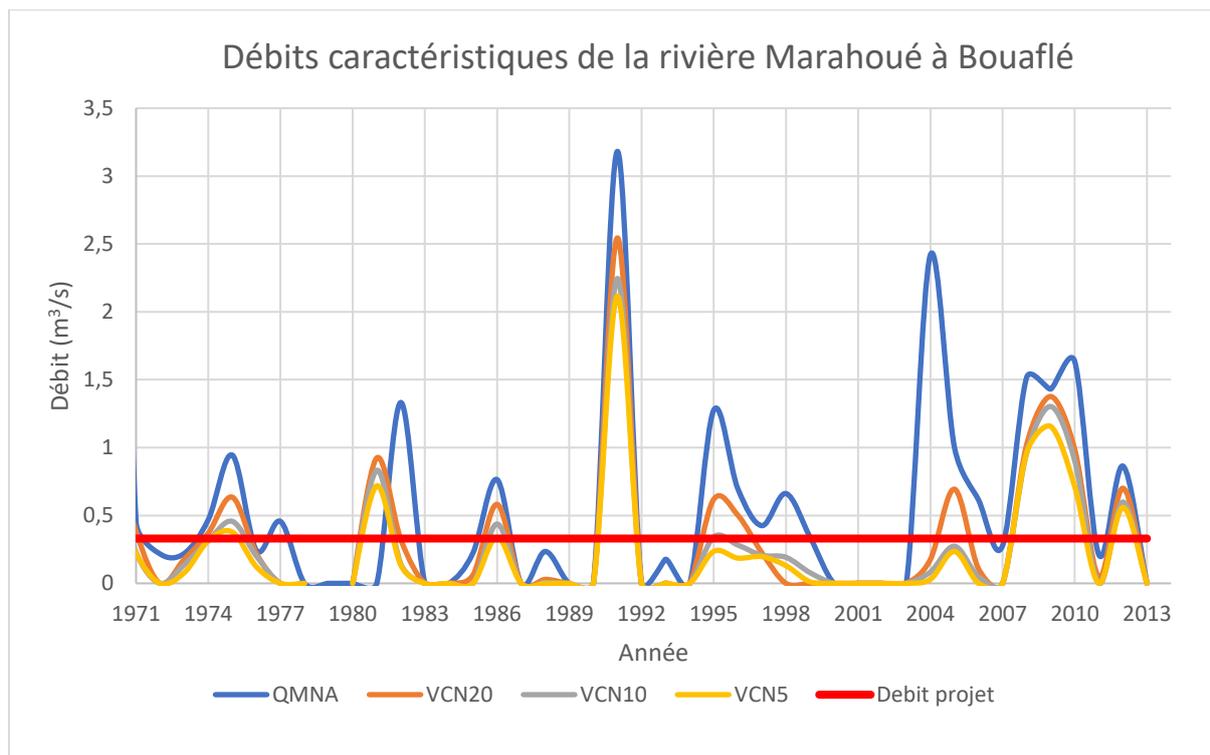


Figure 13 : Évolution des débits caractéristiques d'étiage et des besoins en eau de la ville de Bouaflé

L'étude hydrologique de la rivière Marahoué a été réalisée à l'aide de méthodes statistiques sur des données de débits moyens journaliers sur la période de 1971 à 2008. À Bouaflé les crues decennales sèches et humides sont respectivement de **698 m<sup>3</sup>/s** et de **265 m<sup>3</sup>/s**. Le module annuel interannuel de la rivière Marahoué est d'environ **54,14 m<sup>3</sup>/s**. Dans le cadre de ce projet, l'évaluation de la disponibilité en basée sur les débits saisonniers révèlent une satisfaction des besoins envisagés qui sont de l'ordre 1200 m<sup>3</sup>/h.

Cependant, à l'échelle journalière, les résultats mettent en évidence des périodes de non satisfaction des besoins notamment avec des débits d'étiage inférieures aux besoins envisagés sur **10 à 20 jours** de l'année au cours du mois de janvier.

Pour minimiser le risque de non satisfaction des besoins projetés sur la période critiques, il sera donc judicieux de réaliser **un ouvrage de mobilisation des eaux** (seuil au fil de l'eau) sur la rivière Marahoué à Bouaflé. Ce seuil consistera à construire un petit barrage deversant qui permettra d'élever le niveau de la rivière Marahoué dans la zone de réalisation du projet pour créer un petit plan d'eau ou une zone de stockage à l'amont de l'ouvrage.

Ce « barrage au fil de l'eau » permettra ainsi de garantir un niveau d'eau minimum au niveau de la zone de captage pendant les périodes d'étiage.

Pour ce faire, la hauteur du seuil doit permettre de stocker, dans le lit du cours d'eau, un volume d'eau suffisant pour satisfaire les besoins de la population pendant les périodes d'étiage.

### VI.3 Conception et dimensionnement du seuil

#### VI.3.1 Emplacement du seuil

L'emplacement du seuil a été déterminé à l'aide de relevés topographiques et bathymétriques. Selon les préférences de la zone qui encaisse le mieux. Après une analyse spatiale des différentes courbes de niveau, des profils en travers espacés de 20 m, en différentes sections de la rivière ont été réalisés sur les zones probables afin de voir la zone la mieux encaissée. Notre choix s'est porté sur le profil 6 dont les coordonnées (UTM) sont en latitude ( $X=194912.579$  m) et en longitude ( $Y=772553.516$  m). La vue en plan de la zone de captage est en annexe 7 et les profils en travers y afférents sont présentés dans la figure 14.

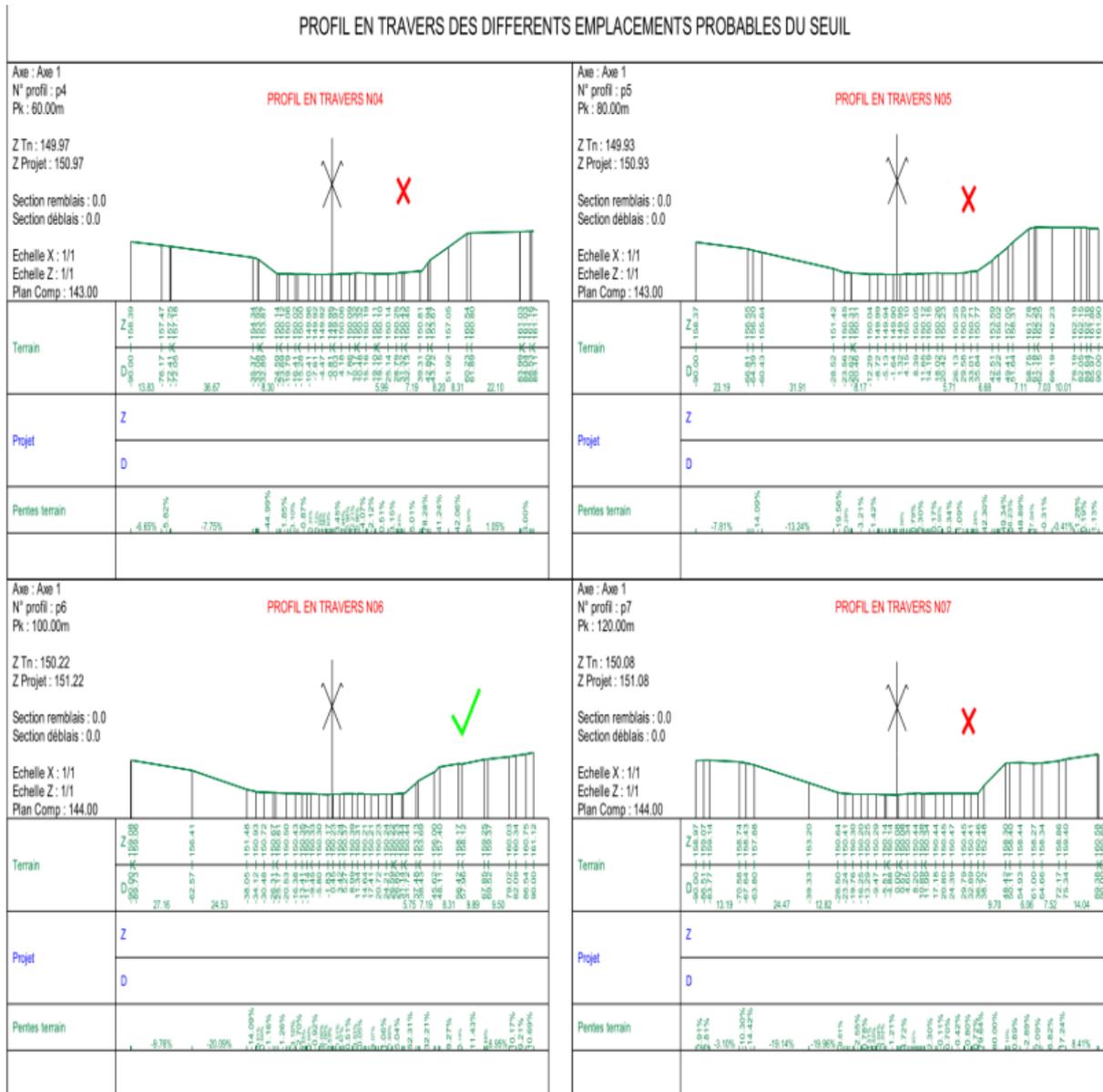


Figure 14 : Profils en travers des différents emplacements probables du seuil

### VI.3.2 Délimitation du bassin versant

Les caractéristiques du bassin versant de la Marahoué sont présentées en annexe 6 et 25.

### VI.3.3 Débit de dimensionnement du seuil

Aux vues des analyses statistiques effectuées, le débit de crue de projet retenu est de **1040 m<sup>3</sup>/s** qui correspondent au débit centennal humide (**Q<sub>100</sub>**) à **Bouaflé**.

### VI.3.4 Dimensionnement hydraulique du seuil

Le tableau 41 présente les caractéristiques du seuil. Les levés topographiques et bathymétriques de la cuvette ont permis de faire une correspondance entre les cotes, les surfaces et les volumes. Cela nous a permis de caler la hauteur du déversoir à la cote **152,58 m** pour une hauteur du

seuil de **2,5 m** et un volume d'eau mobilisable de **53161010,95 m<sup>3</sup>** ; une surface de **5316100,95 m<sup>2</sup>** occupée par la cuvette.

Tableau 41 : Résultats du dimensionnement du seuil

| Position du seuil               | Profile 7 | Longitude  | Latitude    |
|---------------------------------|-----------|------------|-------------|
| Cote de la crête du seuil (m)   | 152,58    | 6°59' Nord | 7°72' Ouest |
| Cote de la base du seuil (m)    | 150,08    |            |             |
| Hauteur du seuil (m)            | 2,5       |            |             |
| Longueur du seuil (m)           | 92        |            |             |
| Lame d'eau débordante (m)       | 0,2       |            |             |
| Largeur de la crête (m)         | 2,61      |            |             |
| Emprise ou largeur du seuil (m) | 5,11      |            |             |

L'observation du profil longitudinal du plan d'eau montre que la construction d'ouvrages supplémentaires tels que des bassins de dissipation d'énergie ou le coursier n'est pas nécessaire (voir figure 14).

#### VI.4 Stratégie de renforcement du système d'approvisionnement en eau potable

La stratégie va viser essentiellement à :

- La sécurisation (pérennité de la ressource et augmentation) de la production ;
- La sécurité des stockages ;
- La sécurisation du service.

Les composantes essentielles de cette stratégie consisteront à la réalisation de :

- un seuil en béton armé sur le fleuve Marahoué au niveau des ruines du premier pont ;
  - une station d'exhaure de capacité 1260 m<sup>3</sup>/h, y compris les ouvrages annexes : un bâtiment d'exhaure éventuellement, les installations électriques, l'aménagement des berges etc.
- Sur les 1260 m<sup>3</sup>/h, on aura 420 m<sup>3</sup>/h dans la conduite existante en fonte ductile DN 500 ;
- Et les 820 m<sup>3</sup>/h seront acheminés dans une nouvelle conduite d'eau brute en fonte ductile DN 500 ;
- une station de traitement d'eau potable de capacité 1200 m<sup>3</sup>/h avec certains ouvrages annexes (deux logements, un poste transformateur...).
- la construction de la ligne d'adduction vers le nouveau château d'eau 1000 m<sup>3</sup> de Bouaflé.

Cette ligne d'adduction sera composée de :

- les groupes électropompes de reprise (**400 m<sup>3</sup>/h à 100 m**) vers le nouveau CE 1000 Bouaflé et une autre ligne (**800 m<sup>3</sup>/h à 80 m**) vers la SR2 Gobazra ;
- une conduite d'eau traitée en fonte ductile DN 400 vers CE Bouaflé et une autre en fonte ductile DN 500 vers la Station de reprise de Gobazra ;
- le renforcement éventuel des réseaux de distribution de Bouaflé et N'Gattakro.

La construction et l'équipement d'un château d'eau 500 m<sup>3</sup> à Gobazra (CE 500 Gobazra) en vue de satisfaire les besoins en eau aux heures de pointe à l'horizon (+15) du projet. Il sera implanté de sorte à garantir une pression minimale de (1 bars) aux points le plus haut et le plus éloigné du réseau. Les groupes électropompes de reprise (**100 m<sup>3</sup>/h à 50 m**) vers le nouveau CE 500. Il desservira en continue les localités de Gobazra, Akowèbo, Nangrekro et Benou.

La construction de la ligne d'adduction vers la localité de Bonon. Cette ligne d'adduction sera composée de :

- les groupes électropompes de reprise (**700 m<sup>3</sup>/h à 150 m**) la SR2 vers CE Bonon;
- une conduite d'eau traitée en fonte ductile DN 500 ;
- un troisième château d'eau de 3000 m<sup>3</sup> sur tour de 30 m (CE 3000 Bonon). Il sera implanté pour permettre l'alimentation gravitaire de Bonon, Bonon 2, Dabouzra, Bognonzra, Biegon, Zanoufla et Zaguïeta ;
- le renforcement éventuel des réseaux de distribution de Bonon, Bonon 2, Dabouzra, Bognonzra, Biegon, Zanoufla et Zaguïeta.

## VI.5 Dimensionnement des ouvrages et équipements hydrauliques

### VI.5.1 Captage de l'eau brute

L'eau brute est collectée par un mât de transfert de type Hydromobile SAS et un mât vibrant sous-marin (MT+MOI).

#### ❖ Choix et caractéristiques de la pompe

Les côtes PBE et PHE de l'exhaure étant respectivement de 150,52 m et 165,46 m. Etant donné qu'un ouvrage de franchissement (un pont) se trouve dans notre zone de captage, sa côte représentera notre cote PHE. On obtient un marnage de 14,94 m au niveau de l'exhaure. Ce qui permet d'orienter le choix vers une pompe de surface de la marque Grundfos. Les caractéristiques de la pompe sont décrites dans le tableau 42.

Tableau 42 : Caractéristiques des pompes de la station d'exhaure

| Bief 1  | Station d'exhaure – Station de traitement |
|---|---|
| Débit de pompage (Qp)                         | 840 m <sup>3</sup> /h                     |
| Nombre de pompe                               | 1 + 1 secours en parallèles               |
| Hauteur manométrique totale (HMT)             | 23 m                                      |
| Charge nette d'aspiration disponible (NPSHd ) | 6,5 m                                     |
| Type de pompe                                 | NK 250-330 ISO 9906,1450 tr/min 50Hz      |
| Rendement                                     | [83%-86%]                                 |

Concernant le renforcement de l'axe Exhaure-Bouaflé, la première phase a pris compte un débit de 420 m<sup>3</sup>/h, ce débit qui est déficitaire sera renforcer avec un débit de 420 m<sup>3</sup>/h en plus. Le diamètre de la conduite de refoulement (fonte DN 500) reste convenable néanmoins les installations et les pompes seront ajustées à cet effet. Les détails des calculs et le point de fonctionnement sont respectivement présentés en Annexe 8.

### VI.5.2 Station de traitement

Nous opterons pour trois unités de traitement de type PULSATOR pour un débit unitaire de 420 m<sup>3</sup>/h.

#### VI.5.2.1 Unités de traitement

##### ❖ Répartiteur

Le tableau 43 contient les résultats du dimensionnement du répartiteur.

Tableau 43 : Résultats du dimensionnement du répartiteur

| Désignation                                   | Résultats |
|---|-----------|
| Rapport h/B                                   | 2         |
| Coefficient du débit du seuil                 | 0,34      |
| Longueur déversante (m)                       | 1,75      |
| Volume utile du répartiteur (m <sup>3</sup> ) | 42        |
| Longueur utile du répartiteur (m)             | 3         |
| Largeur utile du répartiteur (m)              | 3,5       |
| Surface utile du répartiteur (m)              | 10,50     |

Le répartiteur occupera un volume de 42 m<sup>3</sup>, aura une longueur de 3 m, une hauteur de 4 m et une largeur de 3,5 m.

##### ❖ Décanteur Pulsatube

- Dimensionnement de la cloche

Les résultats du dimensionnement de la cloche sont donnés dans le tableau 44 :

Tableau 44 : Résultats du dimensionnement de la cloche

| Désignation                                | Données |
|--|---------|
| Volume zone de la cloche (m <sup>3</sup> ) | 2,30    |
| Surface de la zone (m <sup>2</sup> )       | 2,30    |
| Pompe à vide (m <sup>3</sup> /h)           | 720     |
| Côté de la cloche (m)                      | 1,55    |

La cloche est dimensionnée pour un temps de remplissage de 20 secondes et d'une hauteur d'un (01) m. Etant de forme carrée, le côté est de 1,50 m pour un volume de 2,30 m<sup>3</sup> et une surface de 2,30 m<sup>2</sup>.

- **Dimensionnement du décanteur lamellaire**

Le décanteur est constitué de deux (02) lignes de traitement soit un débit de 420 m<sup>3</sup>/h par ligne. Le tableau 45 contient les résultats du dimensionnement du décanteur.

Tableau 45 : Résultats du dimensionnement du décanteur lamellaire

| Désignation  | Résultats |
|--|-----------|
| Surface de décantation (Surface des lamelles) (m <sup>2</sup> )  | 140       |
| Largeur des lamelles du décanteur (m)                            | 10,40     |
| Longueur des lamelles du décanteur (m)                           | 13,50     |
| Pourcentage actif (R)  | 0,70      |
| Surface d'un lit de boue (surface horizontale) (m <sup>2</sup> ) | 210       |
| Surface en miroir (m <sup>2</sup> )                              | 84        |
| Surface projetée (m <sup>2</sup> )                               | 980       |
| Nombre total de tubes ondulés                                    | 3031      |
| Nombre de tubes ondulés par m <sup>2</sup>                       | 22        |
| Temps de séjour (h)  | 0,67      |
| Vitesse Hazen réelle (m/h)                                       | 0,90      |

Pour une surface horizontale de  $210 \text{ m}^2$ , il est estimé une surface projetée de  $980 \text{ m}^2$  pour 3031 tubes ondulés. La vitesse de Hazen est de  $0,90 \text{ m/h}$ . La surface projetée est la projection au sol de la surface de décantation.

#### ❖ Dimensionnement des filtres

Les micro-flocs qui échappent à la décantation, sont retenus au niveau du matériau filtrant (sable) contenu dans les filtres. Les résultats du dimensionnement des filtres sont donnés dans le tableau 46 :

Tableau 46 : Résultats du dimensionnement des filtres

| Désignation                                      | Résultats |
|--|-----------|
| Surface totale des filtres ( $\text{m}^2$ )      | 80        |
| Hauteur totale des filtres (m)                   | 2,20      |
| Volume total des filtres ( $\text{m}^3$ )        | 172       |
| Surface d'un filtre ( $\text{m}^2$ )             | 20        |
| Largeur du filtre (m)                            | 3,20      |
| Longueur du filtre (m)                           | 6,30      |
| Volume d'un filtre ( $\text{m}^3$ )              | 43        |
| Débit d'eau par filtre ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) | 200       |

Nous allons mettre en place donc 4 filtres à sable sous pression qui totaliseront chacun un débit de production de  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ . Chacun des filtres aura une largeur de  $3,20 \text{ m}$ , une longueur de  $6,30 \text{ m}$  et une hauteur totale de  $2,20 \text{ m}$ .

#### VI.5.2.2 Salle de préparation des réactifs

La salle abritera non seulement le réservoir de mélange de réactifs, mais également la pompe de distribution du réservoir de mélange de réactifs.

#### ❖ Sulfate d'oxyde d'aluminium pour la coagulation

La coagulation se produit en injectant du sulfate d'oxyde d'aluminium dans les conduites d'eau brute. Si le débit est de  $25 \text{ g/m}^3$  et la concentration du réactif est de  $100 \text{ g/l}$ , on obtient les résultats suivants : pompe à débit  $210 \text{ l/h}$ .

#### ❖ Hypochlorite de calcium pour la pré-oxydation et désinfection

La pré-oxydation se fera par l'injection de l'hypochlorite de calcium sur la ligne d'eau brute.

Avec un taux de traitement de  $8 \text{ g/m}^3$  et une concentration du réactif de  $10 \text{ g/l}$ , on obtient une

pompe de débit 672 l/h.

#### ❖ Lait de chaux

Concernant l'ajustement du PH dans l'eau à traiter. Pour un taux de traitement de 10 g/m<sup>3</sup> une concentration du réactif de 50 g/l, on obtient une pompe de débit 168 l/h.

➤ Equipement de la salle des réactifs

Le choix des pompes doseuses des réactifs ainsi que leurs caractéristiques sont consignées dans le Tableau 47.

Tableau 47 : Paramètres des pompes doseuses

| Réactifs                           | Q (l/h) | Marque       | Série                               | Type   | Nombre | Pression |
|------------------------------------|---------|--------------|-------------------------------------|--|--------|----------|
| Sulfate d'alumine pour coagulation | 210     | Grundfos DMH | DMH 213-10 B-PVC/V/C-X-E1U3U3XE MAG | pompe doseuse électromécanique à membrane hydraulique. | 1+1    | 4 bars   |
| Hypochlorite de calcium            | 672     | Grundfos DMH | DMH 770-10 B-PVC/V/G-X-E1B8B8XE MAG | pompe doseuse électromécanique à membrane hydraulique  | 1+1    | 4 bars   |
| Lait de chaux                      | 168     | Grundfos DMH | DMH 175-10 B-PVC/V/C-X-E1U3U3XE MAG | pompe doseuse électromécanique à membrane hydraulique  | 1+1    | 4 bars   |

### VI.5.3 Salle de reprise d'eau traitée

Nous aurons deux salles de reprise qui sont SR1 et SR2. La SR1 est situé à l'intérieur de la station de traitement et la SR2 dans la ville de Gobazra.

✓ SR1 : SR1.1 —————> CE BOUAFLE  
SR1.2 —————> SR2 GOBAZRA

La STEP disposera de deux lignes de refoulement afin d'acheminer l'eau traitée jusqu'au château et à la station de reprise de Gobazra. Les paramètres des pompes choisies sont énoncés dans le tableau 48.

Tableau 48 : Caractéristiques des pompes de la station de reprise SR1

| <b>Bief 2</b>                                 | <b>Station de traitement – CE Bouaflé</b> |
|---|---|
| Débit de pompage (Qp)                         | 400 m <sup>3</sup> /h                     |
| Nombre de pompe                               | 1 + 1 secours                             |
| Hauteur manométrique totale (HMT)             | 90 m                                      |
| Charge nette d'aspiration disponible (NPSHd ) | 6,5 m                                     |
| Type de pompe                                 | NK 250-500 ISO 9906, 1450 tr/min 50 Hz    |
| Rendement                                     | [71%]                                     |

| <b>Bief 3</b>                                 | <b>Station de traitement – SR2 Gobazra</b> |
|---|--|
| Débit de pompage (Qp)                         | 800 m <sup>3</sup> /h                      |
| Nombre de pompe                               | 1 + 1 secours en parallèles                |
| Hauteur manométrique totale (HMT)             | 76 m                                       |
| Charge nette d'aspiration disponible (NPSHd ) | 7,8 m                                      |
| Type de pompe                                 | NK 250-500 ISO 9906, 1450 tr/min 50Hz      |
| Rendement                                     | [77%-80%]                                  |

❖ **Choix des pompes de lavage des filtres et des surpresseurs à la station de traitement**

Les paramètres ayant servi au dimensionnement des pompes de lavage des filtres sont consignés dans le tableau 49 :

Tableau 49 : Paramètres de dimensionnement des pompes de lavage des filtres

| Désignation  | Valeurs usuelles | Données |
|--|------------------|---------|
| Débit d'eau spécifique de la pompe lavage(m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ) | 7 à 15           | 10      |
| Débit spécifique de surpresseur d'air (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )    | 50 à 60          | 55      |
| Débit spécifique d'eau de rinçage(m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )         | 15               | 15      |
| Temps de lavage air + eau (min)  | 10 à 12          | 10      |
| Temps de rinçage (min)   | 5 à 10           | 5       |
| Surface d'un filtre (m <sup>2</sup> )  | -                | 20      |
| Nombre de filtres  | -                | 4       |

Les débits des pompes de lavage calculés sont présentés dans le tableau 50 :

Tableau 50 : Résultats du dimensionnement des pompes de lavages

| Désignation   | Résultats |
|---|-----------|
| Débit de la pompe pour le lavage d'eau (m <sup>3</sup> /h)            | 200       |
| Débit de la pompe pour le rinçage (m <sup>3</sup> /h)                 | 300       |
| Débit du surpresseur (m <sup>3</sup> /h)                              | 1100      |
| Volume d'eau nécessaire pour le lavage d'un filtre (m <sup>3</sup> )  | 33,3      |
| Volume d'eau nécessaire pour le rinçage d'un filtre (m <sup>3</sup> ) | 25        |
| Le volume d'eau requis pour le lavage d'un filtre (m <sup>3</sup> )   | 59        |

- ✓ SR2 : SR2.1 —————> CE GOBAZRA  
 SR2.2 —————> CE BONON

La salle de reprise de Gobazra disposera de deux pompes afin d'acheminer l'eau traitée jusqu'au château de Gobazra et au château de Bonon.

Tableau 51 : Caractéristiques des pompes de la station de reprise SR2

| <b>Bief 4</b>                                 | <b>SR2 Gobazra – CE Gobazra</b>      |
|---|--------------------------------------|
| Débit de pompage (Qp)                         | 100 m <sup>3</sup> /h                |
| Nombre de pompe                               | 1 + 1 secours                        |
| Hauteur manométrique totale (HMT)             | 50 m                                 |
| Charge nette d'aspiration disponible (NPSHd ) | 4,5 m                                |
| Type de pompe                                 | NK 50-200/200 ISO 9906, 50Hz-2 pôles |
| Rendement                                     | [74%-76%]                            |

| <b>Bief 5</b>                                 | <b>SR2 Gobazra – CE Bonon</b>               |
|---|---|
| Débit de pompage (Qp)                         | 700 m <sup>3</sup> /h                       |
| Nombre de pompe                               | 2 en série + 1 secours                      |
| Hauteur manométrique totale (HMT)             | 145 m soit 75 m par pompe                   |
| Charge nette d'aspiration disponible (NPSHd ) | 5,8 m                                       |
| Type de pompe                                 | NK 250-500/200 ISO 9906, 1450 tr/min, 50 Hz |
| Rendement                                     | [77%-80%]                                   |

Les côtes fonctionnelles ainsi que les courbes caractéristiques des pompes de la station de pompage et des différentes salles de reprise sont présentées en annexe 8.

#### VI.5.4 Dimensionnement des bâches

##### ❖ Dimensionnement de la bâche rétro-lavage

Les résultats du dimensionnement de la bâche de rétro-lavage sont donnés dans le tableau 52 :

Tableau 52 : Résultats du dimensionnement de la bâche de rétro lavage

| Désignation   | Résultats |
|---|-----------|
| Volume d'eau total pour le lavage des filtres (m <sup>3</sup> ) | 120       |
| Surface de la bâche de retro-lavage (m <sup>2</sup> )           | 60        |
| Largeur (m)   | 5,40      |
| Longueur (m)  | 11        |
| Volume de la bâche de retro-lavage (m <sup>3</sup> )            | 132       |

La bâche de retro-lavage, de forme rectangulaire, occupera une surface de 60 m<sup>2</sup> et aura une longueur de 11 m et une largeur de 5,40 m.

##### ❖ Dimensionnement de la bâche de stockage d'eau traitée

Les résultats obtenus pour le dimensionnement de la bâche eau traitée située à la station de traitement sont obtenues dans le tableau 53 :

Tableau 53 : Résultats du dimensionnement de la bâche eau traitée

| Désignation                                | Résultats |
|--|-----------|
| Volume d'eau de la bâche (m <sup>3</sup> ) | 1500      |
| Surface de la bâche (m <sup>2</sup> )      | 187,5     |
| Rayon de la bâche (m)                      | 4         |
| Diamètre de la bâche (m)                   | 7,5       |
| Volume total de la bâche (m <sup>3</sup> ) | 350       |

On note que pour la station de reprise située à Gobazra (SR2), on aura une bâche de 1000 m<sup>3</sup>.

### VI.5.5 Château d'eau

La capacité du château d'eau retenue est la valeur maximale des (02) méthodes utilisées. Il sera en béton armé, implanté dans la ville de Bouaflé, Gobazra ainsi que celle de Bonon afin d'assurer la desserte de celles-ci. Le système permettra ainsi le stockage d'une certaine quantité d'eau utilisable même en cas d'éventuel dysfonctionnement. Les caractéristiques des différents châteaux sont dans le tableau 54 :

Tableau 54 : Bilan de stockage

| Localités | Type                         | Volume (m <sup>3</sup> ) | Hauteur sur tour (m) | Côte radier (m) |
|-----------|------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
| Bouaflé   | Château d'Eau                | 1000                     | 15                   | 241             |
| Gobazra   | Château d'Eau                | 500                      | 15                   | 240             |
| Bouaflé   | Réservoir cylindrique au sol | 1500                     | -                    | 168,55          |
| Gobazra   | Réservoir cylindrique au sol | 1000                     | -                    | 204             |
| Bonon     | Château d'Eau                | 3000                     | 20                   | 312             |

Le choix d'un château d'eau en béton armé plutôt qu'un métallique est motivé par la capacité de l'eau à stocker. En Effet, pour des volumes d'eau excédant 150 m<sup>3</sup> et une hauteur sous radier supérieur à 12 m, il est recommandé de favoriser les réservoirs en béton.

### VI.5.6 Raccordement électrique des installations

Avec les caractéristiques des points de fonctionnement obtenu à savoir le débit (m<sup>3</sup>/s), la HMT et le rendement de la pompe, les différents bilans de puissance ont été réalisés. La puissance totale consommée obtenu est de **1080,63 kW**. En considérant, un facteur de puissance de 0,8, le rendement de la ligne électrique 0,9 et du transformateur 0,9 ; la puissance totale des transformateurs est de **1706 kVA**. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 55 :

Tableau 55 : Résultats du bilan de puissance

| Installation       | Puissance consommée (kW) | Puissance transformateur (kVA) |
|--------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Station d'exhaure  | 93,85                    | 148                            |
| STEP               | 471,86                   | 745                            |
| Salle de reprise 2 | 514,92                   | 813                            |
| Totale             | 1080,63                  | 1706                           |

Les systèmes et équipements sont raccordés au réseau électrique et leur fonctionnement est garanti par la Société Ivoirienne d'Electricité (CIE). Un générateur sera également installé pour assurer le fonctionnement du système en cas de délestage ou de panne.

### VI.5.7 Conduite de refoulement

Il a été décidé d'installer une nouvelle conduite, en choisissant un diamètre en fonction des conditions de vitesse et de pression. Le tableau 56 présente les caractéristiques. La simulation est présentée en annexe 15.

Tableau 56 : Caractéristiques des conduites de refoulement

| Biefs                                  | Q (m <sup>3</sup> /h) | Nature | DN (mm)  | L (m)  | U (m/s) | ΔH (m) | ΔP (m) |
|--|-----------------------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|
| <b>Bief 1 :</b><br>Exhaure-STEP        | 840                   | FONTTE | 500 PN16 | 2 090  | 1,78    | 5,03   | 2,98   |
| <b>Bief 2 :</b><br>STEP-CE<br>Bouaflé  | 400                   | FONTTE | 500 PN16 | 6 428  | 0,87    | 11,52  | 47,09  |
| <b>Bief 3 :</b><br>STEP-SR2<br>Gobazra | 800                   | FONTTE | 500 PN16 | 17 894 | 1,13    | 39,37  | 2,37   |
| <b>Bief 4 :</b><br>SR2.1-CE<br>Gobazra | 100                   | FONTTE | 200 PN16 | 111    | 0,88    | 0,46   | 6,79   |
| <b>Bief 5 :</b><br>SR2.2-CE<br>Bonon   | 700                   | FONTTE | 500 PN16 | 16 063 | 1       | 27,21  | 53,94  |

### VI.5.8 Conduite de distribution

La desserte est faite de sorte à alimenter chaque localité de façon gravitaire à partir d'un château d'eau. La distribution se fera à travers les conduites PVC. La configuration se fera de la manière suivante :

- Une conduite PVC allant du CE de Bouaflé vers N'gattakro qui desservira les deux localités ;
- Une conduite PVC allant du CE Gobazra, pour la desserte des différentes localités que sont Gobazra, Akowèbo, Nangrekro, Garango et Benou.
- Une conduite PVC assurant la desserte du château d'eau de Bonon jusqu'à Biegon, Zaguïeta, Zanoufla, Bonon 2, Dabouzra et Bognonzra.

Les réseaux de distribution sont constitués de conduite primaire, secondaire et tertiaires afin d'assurer la couverture totale des localités de la zone projet. Les conduites de distribution seront

en PVC PN 10 avec des diamètres extérieurs de 400, 315, 250, 200, 160, 110, 90 et 63 mm selon le débit de distribution calculé à l'horizon (H+15). La formule de Bresse modifié nous a servis pour le calcul des conduites tout en respectant les conditions de vitesses, de pression (minimum 1 bars = pression de service de la SODECI) et en minimisant les pertes de charges lors de la simulation Epanet. Les réseaux de distribution des différentes localités dans leur conception seront des réseaux maillés pour assurer une bonne répartition de la pression et une desserte équilibrée au niveau de toutes les zones habitées et des zones d'extension des localités. Ainsi, la longueur totale des conduites de distribution à poser, estimée à 240 Km à l'horizon du projet, sur la base de 1 ml/habitant qui est une hypothèse empirique fournie par l'ONEP. Les simulations sont présentées en annexe 15 et 16.

### VI.5.9 Simulation en régime transitoire

En pratique, il y a écoulement transitoire dès qu'il y a variation du débit dans le temps.

Des simulations en régime transitoire avec le logiciel CEBELMAIL ont été effectuées pour observer le comportement du réseau d'adduction lorsqu'il y a des variations brusque de débit donc de pression. Ce logiciel utilise la méthode des caractéristiques qui est une méthode numérique de la résolution des équations de Saint Venant.

#### VI.5.9.1 Vérification du coup de bélier

Après la réalisation des profils en long comme ceux présentées en Annexe 18 pour le cas des conduites d'adduction, les points hauts et bas identifiés nécessitent l'installation de ventouses et de vidanges. Par mesure de sécurité et pour éviter d'éventuels dommages au niveau des conduites d'adductions, nous avons effectué une vérification du risque de coup de bélier. Cette vérification s'est effectuée sur chaque bief composant l'adduction. Les résultats ainsi obtenus sont présentés dans le Tableau 57.

Tableau 57 : Résultats des calculs de verification de coup de bélier

| Paramètres                           | Unités | Bief 1 :<br>Exhaure-<br>STEP | Bief 2 :<br>STEP-CE<br>Bouaflé | Bief 3 :<br>STEP-SR2<br>Gobazra | Bief 5 :<br>SR2.2-CE<br>Bonon |
|--------------------------------------|--------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Célérité de l'onde                   | (m/s)  | 1200                         | 1200                           | 1200                            | 1200                          |
| Temps aller-retour de l'onde (s)     | s      | 3,48                         | 10,71                          | 29,82                           | 26,77                         |
| Type de perturbation                 | -      | Rapide                       | Rapide                         | Rapide                          | Rapide                        |
| Variation de pression ( $\Delta P$ ) | m      | 121,14                       | 83,82                          | 53,65                           | 93,44                         |
| HMT + $\Delta P$ (Hmax)              | m      | 145,13                       | 174,82                         | 144,65                          | 236,45                        |
| Pression nominale (PN)               | m      | 250                          | 250                            | 250                             | 250                           |

| Paramètres                         | Unités | Bief 1 :<br>Exhaure-<br>STEP | Bief 2 :<br>STEP-CE<br>Bouaflé | Bief 3 :<br>STEP-SR2<br>Gobazra | Bief 5 :<br>SR2.2-CE<br>Bonon |
|------------------------------------|--------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Pression maximale admissible (PMA) | m      | 300                          | 300                            | 300                             | 300                           |
| Hmax/PN                            | m      | 0,56                         | 0,68                           | 0,56                            | 0,92                          |
| Dépression (HMT- $\Delta P$ )      | m      | -97,13                       | 7,17                           | 37,35                           | 49,55                         |
| Coup de bélier                     | -      | Préjudiciable                | Non<br>préjudiciable           | Non<br>préjudiciable            | Non<br>préjudiciable          |

Les valeurs Hmax/PN déterminées pour les quatre lignes sont inférieures à 1,2. Cependant, une diminution est observée au niveau de la ligne 1. Bien que l'installation de dispositifs de protection contre les collisions ne soit pas a priori requise dans les autres lignes, on peut confirmer qu'elle est nécessaire au niveau du bief 1. L'analyse est donc réalisée en déterminant graphiquement les enveloppes de surpression et de dépression le long des différentes canalisations. Ils se trouvent en annexe, ainsi que le détail des calculs.

#### VI.5.9.2 Ballon anti-bélier

L'organe de protection choisi et dimensionné pour sécuriser le réseau à la suite du scénario de disjonction de la pompe est un ballon anti-bélier. Les volumes optimisés du ballon anti-bélier en fonction de la pression de prégonflage sont consignés dans le tableau 58.

Tableau 58: Caractéristiques des ballons anti-bélier

| BIEFS                 | Pression de prégonflage (bar) | Volume du Ballon Anti-bélier (l) |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Bief 1 : Exhaure-STEP | 1                             | 5000                             |

Les graphes de détermination du volume du ballon anti-bélier sous logiciel CebelMail sont donnés en annexe de ce document.

## VII. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE

### VII.1 Devis quantitatif et estimatif

L'étude financière réalisée a permis d'estimer le coût du projet a **54 853 457 450 FCFA hors TVA**. Le cahier de charge se présente en annexe de ce rapport.

Tableau 59 : Détails des coûts du projet

| Désignation des travaux   | Coût total en (F CFA) |
|---|-----------------------|
| Série A : Installation générale du chantier                     | 1 040 000 000         |
| Série B : Voies d'accès   | 516 000 000           |
| Série C : VRD des sites   | 300 000 000           |
| Série D : Ouvrages en maçonnerie                                | 750 000 000           |
| Série E : Ouvrages de génie civil                               | 5 790 000 000         |
| Série F : Equipements hydromécaniques                           | 5 340 000 000         |
| Série G : Automatismes  | 420 000 000           |
| Série H : Fourniture et pose de conduites avec pièces spéciales | 36 169 305 000        |
| Série I : Plan de gestion environnementale et sociale           | 100 000 000           |
| <b>MONTANT TRAVAUX HORS TVA</b>                                 | <b>50 325 305 000</b> |
| FRAIS ETUDES, CONTRÔLE DES TRAVAUX (5%)                         | 2 516 265 250         |
| SUIVI MAÎTRE D'OUVRAGE (2%)                                     | 1 006 006 100         |
| SUIVI MAÎTRE D'ŒUVRE (2.5%)                                     | 1 257 507 625         |
| IMPRÉVUS (1%)   | 251 626 525           |
| <b>MONTANT TOTAL PROJET HORS TVA</b>                            | <b>54 853 457 450</b> |

### VII.2 Estimation de l'amortissement des équipements

Le calcul des dotations aux amortissements donne un montant annuel de **29 563 770 000 CFA** à l'horizon du projet. Il est présenté en annexe 20.

### VII.3 Estimation des charges

#### VII.3.1 Les charges

Le montant total des charges à l'horizon projet s'élève à **9 209 378 050 F CFA** , et les détails sont présentés en annexe 22.

### **VII.3.2 Volume d'eau produit pendant les 15 années d'exploitation du système**

À l'horizon du projet, il est prévu de produire **131 400 000** mètres cubes d'eau.

### **VII.3.3 Prix de revient**

Le prix du mètre cube d'eau s'élève à **300 F CFA**. Le détail des calculs est présenté en annexe 22.

## VIII. ASPECT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET

Bien que ce projet bénéficie aux résidents à travers la mise en œuvre des différents types d'aménagements pour faciliter l'accès à l'eau potable. Les activités liées aux travaux d'assainissement peuvent causer des dommages personnels et/ou cumulatifs aux personnes présentes sur le site du projet et à l'environnement. C'est dans ce contexte que nous avons mené cette étude. Du point de vue de la réglementation environnementale et sociale, ce projet entre dans la catégorie B. L'impact environnemental est faible et l'impact social est élevé. Cela nécessite la préparation d'une étude d'impact environnemental et social (EIES). Le cadre juridique de cette activité est réglementé par la loi n° 96-766 du 3 octobre 1996 relative au droit de l'environnement et son règlement d'application n° 96-895 du 8 novembre 1996. Dans le cadre de notre projet nous allons : L'objectif général est d'évaluer les impacts possibles des travaux prévus et de proposer des solutions pour réduire ou améliorer l'impact de ces impacts.

### VIII.1 Identification et analyse des sources d'impacts potentiels

#### VIII.1.1 Impact des étapes de préparation et d'installation

➤ **Effets positifs**

- Recruter des travailleurs locaux et créer des emplois ;
- développement des activités de restauration et des services.

➤ **Impacts négatifs**

- Changement des perspectives habituelles au niveau du paysage ;
- modification locale des régimes d'écoulement des eaux pluviales dues au compactage et à l'affaissement du sol ;
- augmentation de la concentration des pollutions atmosphériques (gaz d'échappement) et de poussières ;
- supprimer la végétation qui fournit un habitat à la faune ;
- nuisances temporaires relatives à l'augmentation des niveaux sonores normaux, dues au fonctionnement des machines.

#### VIII.1.2 Impacts de la phase de construction

➤ **Impacts positifs**

- Perte de l'eau de surface par l'évapotranspiration et le risque d'engorgement et d'inondation diminueront à mesure que diminuera le volume des plantes adventices, ce qui produira un impact positif, cumulatif et permanent ;

- libération de plantes aquatiques pour réduire le colmatage des prises d'eau
- amélioration du réseau d'approvisionnement d'eau en termes d'efficacité et de sécurité ;
- création de nombreux emplois temporaires avec le recrutement de nombreux jeunes de la région par les entreprises de travaux ;
- développement d'activités économiques du fait de la présence du personnel de chantier;
- Création de nouvelles opportunités génératrices de revenus liées à la création d'emplois (paiement des salaires versés à la main d'œuvre locale, développement de l'activité économique selon conditions) et de ressources locales fournies par la région (sous forme de biens et services). ) pour promouvoir développement régional. Ces effets sont plus importants que ceux observés lors de la phase de préparation

➤ **Impacts négatifs**

- La détérioration de la qualité des eaux de surface qui peut résulter des déversements accidentels des carburants et huiles des engins en phase de construction ;
- déversements d'huile, de carburant ou autre polluant provenant des véhicules et de la machinerie au cours de la phase de construction pourront avoir des effets sur la qualité des sols ;
- l'émission de poussières ainsi que de gaz d'échappement au niveau de l'air ambiant ;
- destruction du couvert végétal et des habitats fauniques liée aux travaux d'ouverture et d'exploitation des zones d'emprunt y compris l'ouverture des pistes d'accès ;
- nuisances relatives à l'augmentation des niveaux normaux de bruit, en raison de la circulation des engins et les travaux de réhabilitation des installations. Cet impact affectera temporairement les populations établies en bordure des aires d'intervention.
- production une quantité considérable de déchets : déchets végétaux issus du débroussement, dépôts de matériaux non réutilisables, déchets électroniques et électriques, déchets dangereux comme les huiles de vidange issus des activités de chantier, des plantes fraîches ou mortes laissées sur les berges ou dans la boue de dragage de la prise d'eau ;
- détérioration de la qualité du cadre de vie sur les sites des travaux ;
- Risque de perturbation des installations et infrastructures existantes. Cela peut être causé accidentellement ou par inadvertance et entraîner une interruption des activités. Cela représente un problème important avec les infrastructures de travaux publics.

- Les perturbations de la circulation sur les sites affectés par le projet perturberont temporairement le trafic des utilisateurs.

### VIII.1.3 Impacts de la phase d'exploitation et de maintenance

#### ➤ Effets positifs

- Réduit le colmatage de l'arrivée d'eau ;
- Améliorer les réseaux d'approvisionnement en eau en termes d'efficacité et de sécurité. Ces effets sont encore plus importants pendant la phase opérationnelle. Certaines plantes aquatiques chassées par les mauvaises herbes reviendront progressivement ;
- Restaurer la diversité des stocks de poissons et augmenter les stocks de poissons globaux ;
- Les impacts sont positifs, cumulatifs et durables sur la biodiversité végétale et les stocks de poissons ;
- Améliorer les performances scolaires en général, et celles des filles en particulier, en réduisant la nécessité pour les écoliers d'aller chercher de l'eau, ainsi qu'en améliorant l'hygiène scolaire ;
- Améliorer les conditions de vie dans les écoles et autres lieux publics en améliorant l'accès à l'eau potable ;
- Améliorer la qualité des services fournis par les acteurs clés du secteur de l'eau à Bouaflé et ses environs ;
- Augmentation de l'activité économique à travers le développement des activités de gestion et de maintenance des infrastructures par la SODECI ;
- Créer/renforcer de nouvelles activités génératrices de revenus pour les femmes en gagnant du temps pour aller chercher l'eau. Cela contribuera grandement à améliorer leurs conditions de vie ;
- Réduire la propagation des maladies d'origine hydrique et réduire les coûts des soins de santé, notamment pour la diarrhée et le choléra.

#### ➤ Impacts négatifs

- rejets accidentels de produits ou déchets provenant de la station de traitement d'eau brute (huiles usées, huiles de transformateur électrique, produits de traitement de l'eau, etc.) ;
- risques de pollution par des rejets de chantiers (huiles, liquides de lavage et d'entretien) ;  
Les principaux éléments nuisibles sont les boues, les eaux de lavages des bacs des

réactifs et les eaux résiduaires neutralisées. Pendant la phase d'exploitation, les éléments les plus importants à prendre en considération sont surtout la gestion des réactifs (sulfate d'alumine, hypochlorite de calcium) ; la gestion des boues déshydratée et les déchets d'emballages.

#### **VIII.1.4 Impacts de la phase de cessation d'activités ou de fermeture**

Cette étape constitue le dernier maillon de tout le processus et concerne tout ce qui concerne le démantèlement des infrastructures et des travaux hydrauliques réalisés dans le cadre de ce projet. Selon que la prise d'eau et la station sont abandonnées ou démolies, il peut y avoir des impacts environnementaux.

##### ➤ **Impacts positifs**

Aucun n'impact positif significatif n'est à prévoir sur les milieux naturel et humain pendant la phase de cessation d'activités ou de fermeture du projet.

##### ➤ **Impacts négatifs**

- L'abandon ou la démolition d'infrastructures peuvent entraîner une dégradation des sols et donc une décomposition des matériaux métalliques ;
- une réduction de l'approvisionnement en eau potable de certains groupes de population bénéficiant du projet, voire une absence totale d'eau potable ;
- La mise en œuvre du projet réduira les revenus d'activité, ce qui entraînera une situation pire qu'avant la mise en œuvre du projet.

### **VIII.2 Mesures d'atténuation et de bonification**

#### **VIII.2.1 Etape de préparation et d'installation**

##### ✓ **Mesures pour améliorer les impacts positifs.**

Il est recommandé d'utiliser les ressources locales pour promouvoir le recrutement des PME, pour les travaux d'installation et de fourniture de la zone du projet. En outre, il est nécessaire d'encourager les entreprises sélectionnées à donner la priorité au recrutement de main-d'œuvre locale, en particulier pour les emplois non qualifiés, et à permettre aux femmes d'être employées dans la main-d'œuvre recrutée (postes créés spécifiquement pour les femmes).

##### ✓ **Mesures pour l'atténuation des impacts négatifs**

Prendre en compte les caractéristiques naturelles du site, surtout le drainage des eaux pluviales pour l'aménagement, et d'augmenter la stabilité du site contre l'érosion et de limiter l'érosion par un pavage et/ou une végétalisation des zones sensibles. Réduire le sol au minimum

nécessaire afin que le sol exposé ne soit pas exposé de manière significative à divers effets d'érosion. De plus, la plateforme de travail doit être arrosée régulièrement (au moins deux fois par jour), la charge recouverte d'une bâche contenant des substances volatiles (sable, ciment, granit concassé, matériaux en décomposition, etc.), et la vitesse de circulation des véhicules et engins doit être respectée, ajustée, doit être limitée à 30 km/h en zone urbaine et 20 km/h sur les chantiers.

Il est également nécessaire de limiter le débroussement à la zone du tracé de pose des canalisations et à l'emplacement des fondations de construction, et d'informer les riverains des différentes étapes de construction avant le début des travaux et de les indemniser efficacement. Sans oublier de baliser visiblement le chantier de jour comme de nuit par des panneaux à l'entrée et à la sortie de la base du chantier, ainsi que le long du tracé de pose des conduites de terrain. La localisation des sites des ouvrages doit être fait avec l'accord préalable des ayants droit, l'organisation des campagnes d'éducation sur les maladies sexuellement transmissibles et le VIH/SIDA et la prise de contact avec les services techniques des sociétés concessionnaires telles que la CIE et la SODECI. Vérifiez les câbles et les réseaux avant d'effectuer des travaux, en tenant compte de la proximité d'équipements sensibles tels que les écoles, les marchés et les lieux de culte.

### VIII.2.2 Phase d'exploitation et d'entretien

#### ✓ Mesures pour la bonification des impacts positifs

Il s'agit d'inciter les gens à s'abonner et à se réabonner, ce qui améliorera leurs conditions de vie. Pour ce faire, il faut assouplir les conditions de souscription afin que toutes les classes sociales aient accès à l'eau potable à travers des relations subventionnées (relations sociales).

#### ✓ Mesures pour l'atténuation des impacts négatifs

Premièrement, il faut sensibiliser le public aux risques de maladies d'origine hydrique. Cette sensibilisation permet de réduire les nids de moustiques, la contamination des sols et de réduire la production de boues.

Il faut également informer les autorités locales que les eaux de lavage, plus légères, peuvent être recirculées dans le circuit de traitement à l'aide de pompes pour récupérer l'eau et améliorer le processus de décantation.

Quant aux boues décantées, plusieurs auteurs ont étudié différentes possibilités de réutilisation des boues traitées après concentration, notamment pour l'épandage agricole, mais aussi pour le traitement des eaux usées et les procédés de fabrication de briques en terre cuite. Les autorités

peuvent utiliser ces informations pour éviter les maladies d'origine hydrique et garantir la citoyenneté écologique des citoyens.

### VIII.3 Plan de gestion environnementale et Sociale

Le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) consiste à planifier les mesures de protection proposées et à identifier les différents partenaires et leurs responsabilités pour la mise en œuvre de ces mesures. L'organisation suivante est proposée pour la mise en œuvre du PGES du projet :

- Pourvoir adjudicateur : ministère de l'Hydraulique ;
- Gestion déléguée du projet : Office National de l'eau potable (ONEP) ;
- Gestion du projet : bureau de contrôle (BC), avec mise à disposition d'un responsable environnemental du bureau de contrôle (REBC) ;
- Entreprise travaux, avec la mise à disposition d'un responsable environnemental de l'entreprise travaux (REE) ;
- Les comités de médiation (CM), dirigés par le préfet du département de Bouaflé et les sous-préfets des localités environnantes ;
- L'Agence Nationale de l'environnement (ANDE), pour le suivi environnemental du projet.

Le montant à provisionner par le client pour la prise en compte des mesures environnementales et sociales est estimé à ce jour à cent cinq millions six cent soixante-quatre mille neuf cent quatre-vingt-un mille francs CFA (**100 000 000 F CFA**).

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a permis d'appréhender les problèmes majeurs d'approvisionnement en eau potable, auxquelles font face la ville de Bouaflé et ses localités environnantes avec pour but d'apporter des solutions adéquates et durables pour le renforcement du système d'alimentation en eau potable desdites localités. En effet l'analyse diagnostique des états des lieux du système d'AEP existant révèle une inadéquation entre les besoins en eau des populations et la production d'eau potable, les forages des zones concernées et un faible taux de couverture du réseau de distribution, voire inexistant dans certaines localités.

Pour faire face à ces problèmes, la stratégie de renforcement qui suit a été proposée : elle reposera sur la mobilisation des eaux de surface, la rivière Marahoué à Bouaflé. Elle consiste en la mise en place d'un **seuil** en travers du lit du cours d'eau pour la sécurisation de la ressource en eau en vue de garantir son exploitation même pendant les périodes d'étiage critique qu'a révélé l'étude hydrologique, construction d'une station d'exhaure de capacité totale **800 m<sup>3</sup>/h** fournit par Hydromobil S.A.S, construction d'une station de traitement de capacité **1200 m<sup>3</sup>/h**, la mise en place de trois (03) nouvelles lignes d'adduction constituée de conduite en Fonte ductile **DN 500 mm** et pour le réseau de distribution primaire des conduites **PVC DE 315 à 63 mm**, la construction de cinq (05) ouvrages de stockage dont **trois (03) châteaux d'eau** et **deux (02) bâches au sol**. Tout ceci nous renvoie à un coût d'investissement qui s'élève à **50 325 305 000 F CFA** pour un mètre cube d'eau estimé à **300 F CFA**.

Par ailleurs, afin d'assurer la pérennité du projet, nous recommandons un entretien régulier des ouvrages, une maintenance des équipements hydrauliques et une télégestion à l'échelle de la station de traitement. Les données climatiques utilisées pour vérifier la disponibilité de la ressource n'étant pas récentes, il est recommandé de refaire l'étude de la ressource une fois que ces données seront disponibles avec réalisation de nouveaux forages dans la région en appui du nouveau système AEP.

Il est également recommandé que les eaux usées provenant des stations d'épuration soient classées et traitées. Un lit de séchage pour collecter les boues azotées pouvant être traitées et réutilisées pour l'agriculture. Il est nécessaire d'impliquer les résidents locaux dans les différentes étapes de mise en œuvre de la construction afin qu'ils développent un sentiment d'appartenance au projet. Nous recommandons aussi la subvention du mètre cube d'eau afin de permettre à toute les couches d'avoir accès à l'eau.

## BIBLIOGRAPHIE

**François E., Marie C.**, 2020. Potabilisation des eaux de surface en Afrique de l'Ouest. Gret, France, 222 p.

**INS**, 2014. Recensement général de la population. Institut Nationale de la Statistique de Côte d'Ivoire : Région de la Marahoué, Abidjan, Côte d'Ivoire, 34 p.

**Kouamé Y. M., Soro G. E., Kouakou K. E., Kouadio Z. A., Mèlèdje N. E. H., Goula B. T. A., Savane I.**, 2014. Scénarios des changement climatiques pour les précipitations et les températures en Afrique subsaharienne tropical : cas du bassin versant de Davo, Cote d'Ivoire. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°18, Juin 2014, pp. 197-213.

**Laborde J. P.**, 2009. Eléments d'hydrologie de surface. Cours, Université Nice Sophi Antipolis, Nice, France, 202 p.

**Mounirou L. A.**, 2019. Essentiel d'alimentation en eau potable. Cours, 2iE, Ouagadougou, Burkina Faso, 66 p.

**Saint-Gobain PAM**, 2010. Adduction et distribution d'eau. SPG Laxou, France, 742 p.

**Savane S. M. V.**, 2021. Conception d'un système de traitement d'eau potable de la ville de SIGUIRI en Guinée. Mémoire de Master d'ingénierie, 2iE, Ouagadougou, Burkina Faso, 120p.

**Zoungrana D.**, 2003. Cours d'approvisionnement en eau potable. EIER (École d'Ingénieurs de l'Équipement Rural), Ouagadougou, Burkina Faso, 14 p.

**TRAORE, Soumaila.** 2022. « Projet de renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville de DIVO et de ses localités environnantes (Côte d'Ivoire) ».

**Hydromobil S.A.S**, 2021. Catalogue de technique simple de captage des eaux fluviales par mât de transfert + mât oscillant immergé. Nîmes, France, 2 p.

**Hydromobil S.A.S**, 2020. <https://hydromobil.com/techniques.html> , consulté le 07 décembre 2023.

## ANNEXE

|   |    |
|---|----|
| Annexe 1 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute de la rivière Marahoué.....                        | ii |
| Annexe 2 : Estimation de la population totale du projet .....   | 4  |
| Annexe 3 : Estimation des besoins .....   | 4  |
| Annexe 4 : Estimation de la demande .....   | 6  |
| Annexe 5 : Estimation des débits .....  | 9  |
| Annexe 6 : Caractéristiques du bassin versant .....   | 10 |
| Annexe 7 : Carte des différents emplacements du seuil.....  | 11 |
| Annexe 8 : Calcul de la HMT .....   | 14 |
| Annexe 9 : Point de fonctionnement pompe Exhaure-STEP .....   | 15 |
| Annexe 10 : Point de fonctionnement pompe STEP-CE Bouaflé.....  | 15 |
| Annexe 11 : Point de fonctionnement pompe SR2-CE Gobazra .....  | 16 |
| Annexe 12 : Point de fonctionnement pompe STEP-SR2.....   | 16 |
| Annexe 13 : Inventaire des ventouses sur les tronçons d'adduction .....   | 17 |
| Annexe 14 : Inventaire des vidanges sur les tronçons d'adduction .....  | 18 |
| Annexe 15 : Simulation Epanet de la desserte Exhaure-STEP et STEP-CE.....                                       | 19 |
| Annexe 16 : Simulation Epanet de la desserte zone d'influence CE-Bouaflé et CE-Gobazra                          | 20 |
| Annexe 17 : Annexe 16 : Simulation Epanet de la desserte zone d'influence CE-Bonon.....                         | 21 |
| Annexe 18 : Extrait profil en long Exhaure-STEP.....  | 22 |
| Annexe 19: Extrait Carnet des nœuds Exhaure-STEP .....  | 22 |
| Annexe 20 : Estimation de l'amortissement à l'horizon projet.....   | 23 |
| Annexe 21 : Estimation des charges et du prix de revient .....  | 25 |
| Annexe 22 : Estimation de la mise en œuvre du PGES .....  | 25 |
| Annexe 23 : Résultats de la simulation anti-bélier (Axe Exhaure-STEP) .....                                     | 26 |
| Annexe 24 : Résultats de la simulation anti-bélier : Évolution du volume dans le ballon (Axe Exhaure-STEP)..... | 27 |
| Annexe 25 : Bassin versant de la rivière Marahoué.....  | 28 |
| Annexe 26 : Synoptique Projet AEP Bouaflé Phase 2 .....   | 29 |

| Paramètres                                      | Unité                 | Normes OMS* | Eau brute de la Marahoué |
|---|-----------------------|-------------|--------------------------|
| Température                                     | °C                    |             | 26,4                     |
| pH  |                       | 6,5 <pH<8,5 | 7,2                      |
| Turbidité                                       | NTU                   | 5           | 12,0                     |
| Couleur (Unité de Couleur Vraie)                | mg/L Co, Pt           | 15          | 30                       |
| Conductivité (µS/cm)                            | µS/cm                 | 500         | 87,1                     |
| Titre alcalimétrique complet (TAC)              | mg/L                  |             | 4,5                      |
| Silice (SiO <sub>2</sub> )                      | mg/L                  |             | 8,0                      |
| Ammonium (NH <sup>+</sup> <sub>4</sub> )        | mg/L                  | 1,5         | 0,2                      |
| Dureté totale (THT)                             | mg/L                  |             | 2,8                      |
| Calcium (Ca <sup>2+</sup> )                     | mg/L                  | 100         | 2,2                      |
| Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )                   | mg/L                  | 50          | 0,6                      |
| Oxygène dissous                                 | mg/L                  |             | 6,1                      |
| Aluminium (Al <sup>3+</sup> )                   | mg/L                  | 0,2         | 0,008                    |
| Fer total (Fe)                                  | mg/L                  | 0,3         | 0,312                    |
| Fer ferreux (Fe <sup>2+</sup> )                 | mg/L                  | 0,3         | 0,03                     |
| Manganèse (Mn <sup>2+</sup> )                   | mg/L                  | 0,5         | 0,095                    |
| Cuivre (Cu <sup>2+</sup> )                      | mg/L                  | 2,0         | 0,04                     |
| Zinc (Zn <sup>2+</sup> )                        | mg/L                  | 3,0         | 0,08                     |
| Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )        | mg/L                  | 50          | 0,4                      |
| Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )        | mg/L                  | 3           | 0,001                    |
| Chlorures                                       | mg/L                  | 250         | 4                        |
| Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )       | mg/L                  | 250         | 1                        |
| Oxydabilité (KMnO <sub>4</sub> ), acide, chaud) | mg/L d'O <sub>2</sub> | 5           | 4,9                      |
| Hydrogène sulfurés (S <sup>2-</sup> )           | mg/L                  | 0,05        | 0,02                     |
| Potassium (K <sup>+</sup> )                     | mg/L                  | 12          | 4,1                      |
| Fluorures (F <sup>-</sup> )                     | mg/L                  | 1,5         | 0,17                     |
| Phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )     | mg/L                  | 5,0         | 0,32                     |
| Sels totaux dissous (TDS)                       | mg/L                  |             | 52                       |
| Huiles et graisses                              | mg/L                  |             | <5                       |
| Matières en suspension (MES)                    | mg/L                  |             | 4                        |
| Odeur   |                       | Inodore     | Inodore                  |
| Plomb   | µg/L                  | 10          | <1                       |
| Mercure   | µg/L                  | 1           | <1                       |
| Cadmium   | µg/L                  | 5           | <1                       |
| Arsenic   | µg/L                  | 10          | <1                       |
| Cyanures  | µg/L                  | 50          | <1                       |
| Pesticides organochlorés                        | µg/L                  | 10          | <1                       |

Annexe 1: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute de la rivière Marahoué

| SOUS-PREFECTURE                         | POPULATIONS    |                |                |                |                |                |                | POPULATIONS RACCORDEES |                |                |                |                |                |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|   | H-13           | H-3            | H0             | H+5            | H+10           | H+12           | H+15           | H-3                    | H0             | H+5            | H+10           | H+12           | H+15           |
|   | 2014           | 2024           | 2027           | 2032           | 2037           | 2039           | 2042           | 2024                   | 2027           | 2032           | 2037           | 2039           | 2042           |
| <b>Localités urbaines</b>               |                |                |                |                |                |                |                |                        |                |                |                |                |                |
| <b>AXE 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE</b> |                |                |                |                |                |                |                |                        |                |                |                |                |                |
| <b>Bouaflé</b>                          | 80 389         | 108 036        | 118 054        | 136 857        | 158 655        | 168 317        | 183 924        | 64 822                 | 70 832         | 90 661         | 116 039        | 128 080        | 148 523        |
| <b>Total Axe 1</b>                      | 80 389         | 108 036        | 118 054        | 136 857        | 158 655        | 168 317        | 183 924        | 64 822                 | 70 832         | 90 661         | 116 039        | 128 080        | 148 523        |
| <b>AXE 2 : STEP BOUAFLE- BONON</b>      |                |                |                |                |                |                |                |                        |                |                |                |                |                |
| <b>Bonon</b>                            | 92 523         | 124 343        | 135 873        | 157 514        | 182 602        | 193 723        | 211 686        | 74 606                 | 81 524         | 104 345        | 133 555        | 147 412        | 170 941        |
| <b>Bognonzra</b>                        | 11 789         | 15 843         | 17 313         | 20 070         | 23 267         | 24 684         | 26 972         | 9 506                  | 10 388         | 13 295         | 17 017         | 18 783         | 21 781         |
| <b>Garango</b>                          | 6 870          | 9 233          | 10 089         | 11 696         | 13 559         | 14 384         | 15 718         | 5 540                  | 6 053          | 7 748          | 9 917          | 10 946         | 12 693         |
| <b>Zaguieta</b>                         | 9 790          | 13 157         | 14 377         | 16 667         | 19 321         | 20 498         | 22 399         | 7 894                  | 8 626          | 11 041         | 14 132         | 15 598         | 18 088         |
| <b>Total Axe 2</b>                      | 120 972        | 162 576        | 177 651        | 205 947        | 238 749        | 253 289        | 276 775        | 97 546                 | 106 591        | 136 429        | 174 620        | 192 739        | 223 502        |
| <b>Total Urbain</b>                     | <b>201 361</b> | <b>270 612</b> | <b>295 705</b> | <b>342 804</b> | <b>397 403</b> | <b>421 605</b> | <b>460 699</b> | <b>162 367</b>         | <b>177 423</b> | <b>227 090</b> | <b>290 659</b> | <b>320 818</b> | <b>372 024</b> |
| <b>Localités rurales</b>                |                |                |                |                |                |                |                |                        |                |                |                |                |                |
| <b>AXE 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE</b> | -              |                |                |                |                |                |                |                        |                |                |                |                |                |
| <b>N'gattakro</b>                       | 908            | 1 168          | 1 260          | 1 429          | 1 620          | 1 704          | 1 838          | 701                    | 504            | 631            | 790            | 864            | 989            |
| <b>Total Axe 1</b>                      | 908            | 1 168          | 1 260          | 1 429          | 1 620          | 1 704          | 1 838          | 701                    | 504            | 631            | 790            | 864            | 989            |
| <b>AXE 2 : STEP BOUAFLE- BONON</b>      |                |                |                |                |                |                |                |                        |                |                |                |                |                |
| <b>Akowèbo</b>                          | 2 103          | 2 705          | 2 917          | 3 309          | 3 753          | 3 947          | 4 256          | 1 623                  | 1 167          | 1 461          | 1 830          | 2 002          | 2 291          |
| <b>Dabouzra</b>                         | 829            | 1 066          | 1 150          | 1 304          | 1 479          | 1 556          | 1 678          | 640                    | 460            | 576            | 721            | 789            | 903            |
| <b>Nangrekro</b>                        | 3 453          | 4 442          | 4 790          | 5 433          | 6 162          | 6 480          | 6 989          | 2 665                  | 1 916          | 2 399          | 3 005          | 3 287          | 3 762          |
| <b>Gobazra</b>                          | 3 978          | 5 117          | 5 519          | 6 259          | 7 099          | 7 465          | 8 051          | 3 070                  | 2 207          | 2 764          | 3 461          | 3 787          | 4 334          |
| <b>Bonon 2</b>                          | 3 510          | 4 515          | 4 869          | 5 523          | 6 264          | 6 587          | 7 104          | 2 709                  | 1 948          | 2 439          | 3 054          | 3 342          | 3 824          |
| <b>Biegon</b>                           | 2 254          | 2 899          | 3 127          | 3 546          | 4 022          | 4 230          | 4 562          | 1 740                  | 1 251          | 1 566          | 1 961          | 2 146          | 2 456          |
| <b>Zanoufla</b>                         | 2 902          | 3 733          | 4 026          | 4 566          | 5 179          | 5 446          | 5 873          | 2 240                  | 1 610          | 2 017          | 2 525          | 2 763          | 3 162          |
| <b>Benou</b>                            | 1 784          | 2 295          | 2 475          | 2 807          | 3 184          | 3 348          | 3 611          | 1 377                  | 990            | 1 240          | 1 552          | 1 698          | 1 944          |
| <b>Total axe 2</b>                      | 20 813         | 26 773         | 28 873         | 32 747         | 37 141         | 39 059         | 42 124         | 16 064                 | 11 549         | 14 462         | 18 110         | 19 815         | 22 678         |
| <b>Total Rurales</b>                    | <b>21 721</b>  | <b>27 941</b>  | <b>30 133</b>  | <b>34 176</b>  | <b>38 761</b>  | <b>40 763</b>  | <b>43 962</b>  | <b>16 764</b>          | <b>12 053</b>  | <b>15 093</b>  | <b>18 900</b>  | <b>20 679</b>  | <b>23 667</b>  |
|   | <b>223082</b>  | <b>298 553</b> | <b>325 838</b> | <b>376 980</b> | <b>436 165</b> | <b>462 369</b> | <b>504 662</b> | <b>179 132</b>         | <b>189 476</b> | <b>242 183</b> | <b>309 559</b> | <b>341 498</b> | <b>395 691</b> |

Annexe 2 : Estimation de la population totale du projet

Annexe 3 : Estimation des besoins

| LOCALITES                 | BESOIN DOMESTIQUE (BD) (m3/j) |              |              |               |               |               | BESOIN SOCIALE + ACTIVITES ECO (BSAE) |              |              |              |              |              | BESOIN JOURNALIERE MOYENNE (BJM) |              |               |               |               |               |
|---------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                           | H-3                           | H0           | H+5          | H+10          | H+12          | H+15          | H-3                                   | H0           | H+5          | H+10         | H+12         | H+15         | H-3                              | H0           | H+5           | H+10          | H+12          | H+15          |
|                           | 2024                          | 2027         | 2032         | 2037          | 2039          | 2042          | 2024                                  | 2027         | 2032         | 2037         | 2039         | 2042         | 2024                             | 2027         | 2032          | 2037          | 2039          | 2042          |
| <b>Localités urbaines</b> |                               |              |              |               |               |               |                                       |              |              |              |              |              |                                  |              |               |               |               |               |
| <b>Bouaflé</b>            | 2 593                         | 2 833        | 3 989        | 5 685         | 6 532         | 8 020         | 389                                   | 425          | 598          | 853          | 980          | 1 203        | 2 982                            | 3 258        | 4 587         | 6 539         | 7 512         | 9 223         |
| <b>Bonon</b>              | 2 984                         | 3 261        | 4 591        | 6 544         | 7 518         | 9 231         | 448                                   | 489          | 689          | 982          | 1 128        | 1 385        | 3 432                            | 3 750        | 5 280         | 7 526         | 8 646         | 10 615        |
| <b>Bognonzra</b>          | 380                           | 416          | 585          | 834           | 958           | 1 176         | 57                                    | 62           | 88           | 125          | 144          | 176          | 437                              | 478          | 673           | 959           | 1 102         | 1 353         |
| <b>Garango</b>            | 222                           | 242          | 341          | 486           | 558           | 685           | 33                                    | 36           | 51           | 73           | 84           | 103          | 255                              | 278          | 392           | 559           | 642           | 788           |
| <b>Zaguieta</b>           | 316                           | 345          | 486          | 692           | 795           | 977           | 47                                    | 52           | 73           | 104          | 119          | 147          | 363                              | 397          | 559           | 796           | 915           | 1 123         |
| <b>Total Urbain</b>       | <b>6 495</b>                  | <b>7 097</b> | <b>9 992</b> | <b>14 242</b> | <b>16 362</b> | <b>20 089</b> | <b>974</b>                            | <b>1 065</b> | <b>1 499</b> | <b>2 136</b> | <b>2 454</b> | <b>3 013</b> | <b>7 469</b>                     | <b>8 161</b> | <b>11 491</b> | <b>16 379</b> | <b>18 816</b> | <b>23 103</b> |
| <b>Localités rurales</b>  |                               |              |              |               |               |               |                                       |              |              |              |              |              |                                  |              |               |               |               |               |
| <b>N'gattakro</b>         | 28                            | 15           | 21           | 29            | 44            | 40            | 4                                     | 2            | 3            | 4            | 7            | 6            | 32                               | 17           | 24            | 34            | 51            | 46            |
| <b>Total Axe 1</b>        | 28                            | 15           | 21           | 29            | 44            | 40            | 4                                     | 2            | 3            | 4            | 7            | 6            | 32                               | 17           | 24            | 34            | 51            | 46            |
| <b>Akowèbo</b>            | 65                            | 35           | 48           | 68            | 102           | 92            | 10                                    | 5            | 7            | 10           | 15           | 14           | 75                               | 40           | 55            | 78            | 117           | 105           |
| <b>Dabouzra</b>           | 26                            | 14           | 19           | 27            | 40            | 36            | 4                                     | 2            | 3            | 4            | 6            | 5            | 29                               | 16           | 22            | 31            | 46            | 42            |
| <b>Nangrekro</b>          | 107                           | 57           | 79           | 111           | 168           | 150           | 16                                    | 9            | 12           | 17           | 25           | 23           | 123                              | 66           | 91            | 128           | 193           | 173           |
| <b>Gobazra</b>            | 123                           | 66           | 91           | 128           | 193           | 173           | 18                                    | 10           | 14           | 19           | 29           | 26           | 141                              | 76           | 105           | 147           | 222           | 199           |
| <b>Bonon 2</b>            | 108                           | 58           | 80           | 113           | 170           | 153           | 16                                    | 9            | 12           | 17           | 26           | 23           | 125                              | 67           | 93            | 130           | 196           | 176           |
| <b>Biegon</b>             | 70                            | 38           | 52           | 73            | 109           | 98            | 10                                    | 6            | 8            | 11           | 16           | 15           | 80                               | 43           | 59            | 83            | 126           | 113           |
| <b>Zanoufla</b>           | 90                            | 48           | 67           | 93            | 141           | 126           | 13                                    | 7            | 10           | 14           | 21           | 19           | 103                              | 56           | 77            | 107           | 162           | 145           |
| <b>Benou</b>              | 55                            | 30           | 41           | 57            | 87            | 78            | 8                                     | 4            | 6            | 9            | 13           | 12           | 63                               | 34           | 47            | 66            | 100           | 89            |
| <b>Total Rurales</b>      | <b>671</b>                    | <b>362</b>   | <b>498</b>   | <b>699</b>    | <b>1 055</b>  | <b>947</b>    | <b>101</b>                            | <b>54</b>    | <b>75</b>    | <b>105</b>   | <b>158</b>   | <b>142</b>   | <b>771</b>                       | <b>416</b>   | <b>573</b>    | <b>804</b>    | <b>1 213</b>  | <b>1 089</b>  |



**RENFORCEMENT DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE BOUAFLE ET DES LOCALITES ENVIRONNANTES A PARTIR DU FLEUVE MARAHOUE : PHASE 2 (CÔTE D'IVOIRE)**



| LOCALITES                | BESOIN DOMESTIQUE (BD) (m3/j) |              |               |               |               |               | BESOIN SOCIALE + ACTIVITES ECO (BSAE) |              |              |              |              |              | BESOIN JOURNALIERE MOYENNE (BJM) |              |               |               |               |               |
|--------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                          | H-3                           | H0           | H+5           | H+10          | H+12          | H+15          | H-3                                   | H0           | H+5          | H+10         | H+12         | H+15         | H-3                              | H0           | H+5           | H+10          | H+12          | H+15          |
|                          | 2024                          | 2027         | 2032          | 2037          | 2039          | 2042          | 2024                                  | 2027         | 2032         | 2037         | 2039         | 2042         | 2024                             | 2027         | 2032          | 2037          | 2039          | 2042          |
| <b>TOTAL ZONE PROJET</b> | <b>7 165</b>                  | <b>7 459</b> | <b>10 490</b> | <b>14 942</b> | <b>17 416</b> | <b>21 036</b> | <b>1 075</b>                          | <b>1 119</b> | <b>1 574</b> | <b>2 241</b> | <b>2 612</b> | <b>3 155</b> | <b>8 240</b>                     | <b>8 577</b> | <b>12 064</b> | <b>17 183</b> | <b>20 029</b> | <b>24 191</b> |

Annexe 4 : Estimation de la demande

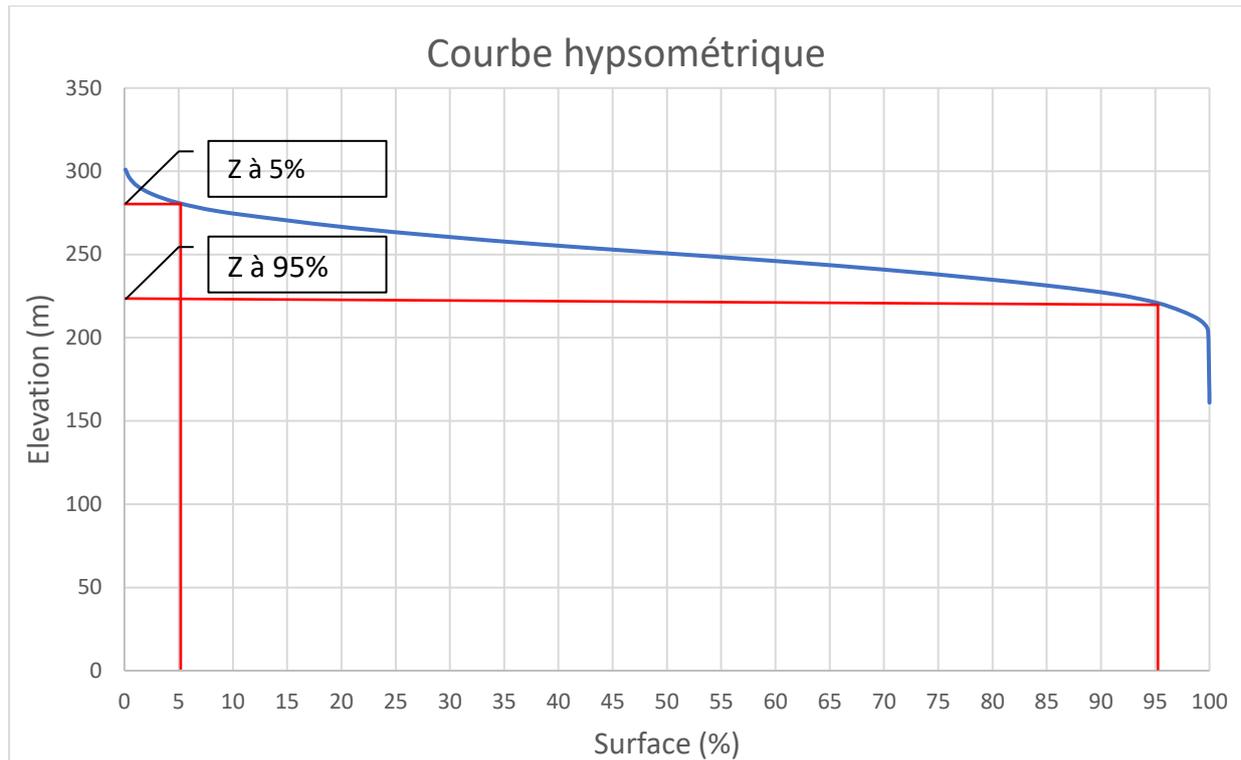
| LOCALITES                               | DEMANDE JOURNALIERE POINTE (DJP) |               |               |               |               |               |
|---|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | H-3                              | H0            | H+5           | H+10          | H+12          | H+15          |
|   | 2024                             | 2027          | 2032          | 2037          | 2039          | 2042          |
| <b>Localités urbaines</b>               |                                  |               |               |               |               |               |
| <b>AXE 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE</b> |                                  |               |               |               |               |               |
| <b>Bouaflé</b>                          | 3 608                            | 3 943         | 5 551         | 7 912         | 9 089         | 11 160        |
| <b>AXE 2 : STEP BOUAFLE- BONON</b>      |                                  |               |               |               |               |               |
| <b>Bonon</b>                            | 4 153                            | 4 538         | 6 389         | 9 106         | 10 461        | 12 845        |
| <b>Bognonzra</b>                        | 529                              | 578           | 814           | 1 160         | 1 333         | 1 637         |
| <b>Garango</b>                          | 308                              | 337           | 474           | 676           | 777           | 954           |
| <b>Zaguieta</b>                         | 439                              | 480           | 676           | 964           | 1 107         | 1 359         |
|   | 5 429                            | 5 933         | 8 353         | 11 906        | 13 678        | 16 794        |
| <b>Total urbain</b>                     | <b>9 037</b>                     | <b>9 875</b>  | <b>13 904</b> | <b>19 818</b> | <b>22 767</b> | <b>27 954</b> |
| <b>Localités rurales</b>                |                                  |               |               |               |               |               |
| <b>AXE 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE</b> |                                  |               |               |               |               |               |
| <b>N'gattakro</b>                       | 39                               | 21            | 29            | 41            | 61            | 55            |
| <b>Total Axe 1</b>                      | 39                               | 21            | 29            | 41            | 61            | 55            |
| <b>AXE 2 : STEP BOUAFLE- BONON</b>      |                                  |               |               |               |               |               |
| <b>Akowèbo</b>                          | 90                               | 49            | 67            | 94            | 142           | 128           |
| <b>Dabouzra</b>                         | 36                               | 19            | 26            | 37            | 56            | 50            |
| <b>Nangrekro</b>                        | 148                              | 80            | 110           | 155           | 233           | 209           |
| <b>Gobazra</b>                          | 171                              | 92            | 127           | 178           | 269           | 241           |
| <b>Bonon 2</b>                          | 151                              | 81            | 112           | 157           | 237           | 213           |
| <b>Biegon</b>                           | 97                               | 52            | 72            | 101           | 152           | 137           |
| <b>Zanoufla</b>                         | 125                              | 67            | 93            | 130           | 196           | 176           |
| <b>Benou</b>                            | 77                               | 41            | 57            | 80            | 121           | 108           |
| <b>Total axe 2</b>                      | 894                              | 482           | 664           | 932           | 1 406         | 1 262         |
| <b>Total rurales</b>                    | <b>933</b>                       | <b>503</b>    | <b>693</b>    | <b>973</b>    | <b>1 468</b>  | <b>1 317</b>  |
| <b>TOTAL ZONE<br/>PROJET</b>            | <b>9 970</b>                     | <b>10 379</b> | <b>14 597</b> | <b>20 791</b> | <b>24 235</b> | <b>29 272</b> |

| LOC ALITES                              | BESOIN JOURNALIER DE POINTE |               |               |               |               |               | DEBIT DE PRODUCTION |            |            |              |              |              | DEBIT D'ADDUCTION |            |            |              |              |              | DEBIT DE DISTRIBUTION |            |              |              |              |              |  |
|---|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
|   | H-3                         | H0            | H+5           | H+10          | H+12          | H+15          | H-3                 | H0         | H+5        | H+10         | H+12         | H+15         | H-3               | H0         | H+5        | H+10         | H+12         | H+15         | H-3                   | H0         | H+5          | H+10         | H+12         | H+15         |  |
|   | 2024                        | 2027          | 2032          | 2037          | 2039          | 2042          | 2024                | 2027       | 2032       | 2037         | 2039         | 2042         | 2024              | 2027       | 2032       | 2037         | 2039         | 2042         | 2024                  | 2027       | 2032         | 2037         | 2039         | 2042         |  |
| <b>Localités urbaines</b>               |                             |               |               |               |               |               |                     |            |            |              |              |              |                   |            |            |              |              |              |                       |            |              |              |              |              |  |
| <b>AXE 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE</b> |                             |               |               |               |               |               |                     |            |            |              |              |              |                   |            |            |              |              |              |                       |            |              |              |              |              |  |
| Bouafle                                 | 4 468                       | 4 882         | 6 874         | 9 798         | 11 256        | 13 821        | 223                 | 244        | 344        | 490          | 563          | 691          | 212               | 232        | 327        | 465          | 535          | 656          | 280                   | 305        | 430          | 613          | 704          | 865          |  |
| Total Axe 1                             | 4 468                       | 4 882         | 6 874         | 9 798         | 11 256        | 13 821        | 223                 | 244        | 344        | 490          | 563          | 691          | 212               | 232        | 327        | 465          | 535          | 656          | 280                   | 305        | 430          | 613          | 704          | 865          |  |
| <b>AXE 2 : STEP BOUAFLE- BONON</b>      |                             |               |               |               |               |               |                     |            |            |              |              |              |                   |            |            |              |              |              |                       |            |              |              |              |              |  |
| Bonon                                   | 5 142                       | 5 619         | 7 912         | 11 277        | 12 955        | 15 907        | 257                 | 281        | 396        | 564          | 648          | 795          | 244               | 267        | 376        | 536          | 615          | 756          | 322                   | 352        | 495          | 706          | 811          | 995          |  |
| Bogno nra                               | 655                         | 716           | 1 008         | 1 437         | 1 651         | 2 027         | 33                  | 36         | 50         | 72           | 83           | 101          | 31                | 34         | 48         | 68           | 78           | 96           | 41                    | 45         | 63           | 90           | 103          | 127          |  |
| Garan go                                | 382                         | 417           | 587           | 837           | 962           | 1 181         | 19                  | 21         | 29         | 42           | 48           | 59           | 18                | 20         | 28         | 40           | 46           | 56           | 24                    | 26         | 37           | 52           | 60           | 74           |  |
| Zaguie ta                               | 544                         | 595           | 837           | 1 193         | 1 371         | 1 683         | 27                  | 30         | 42         | 60           | 69           | 84           | 26                | 28         | 40         | 57           | 65           | 80           | 34                    | 37         | 52           | 75           | 86           | 105          |  |
| Total Axe 2                             | 6 724                       | 7 347         | 10 344        | 14 745        | 16 939        | 20 798        | 336                 | 367        | 517        | 737          | 847          | 1 040        | 319               | 349        | 491        | 700          | 805          | 988          | 421                   | 460        | 647          | 922          | 1 060        | 1 301        |  |
| <b>Total Urbain</b>                     | <b>11 192</b>               | <b>12 230</b> | <b>17 218</b> | <b>24 543</b> | <b>28 195</b> | <b>34 618</b> | <b>560</b>          | <b>611</b> | <b>861</b> | <b>1 227</b> | <b>1 410</b> | <b>1 731</b> | <b>532</b>        | <b>581</b> | <b>818</b> | <b>1 166</b> | <b>1 339</b> | <b>1 644</b> | <b>700</b>            | <b>765</b> | <b>1 077</b> | <b>1 535</b> | <b>1 764</b> | <b>2 166</b> |  |
| <b>Localités rurales</b>                |                             |               |               |               |               |               |                     |            |            |              |              |              |                   |            |            |              |              |              |                       |            |              |              |              |              |  |
| <b>AXE 1 : STEP BOUAFLE- CE BOUAFLE</b> |                             |               |               |               |               |               |                     |            |            |              |              |              |                   |            |            |              |              |              |                       |            |              |              |              |              |  |
| N'gattakro                              | 48                          | 26            | 36            | 50            | 76            | 68            | 2                   | 1          | 2          | 3            | 4            | 3            | 2                 | 1          | 2          | 2            | 4            | 3            | 3                     | 2          | 2            | 3            | 5            | 4            |  |

|                                    |              |            |            |              |              |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |
|------------------------------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Tota<br>l<br>Axe<br>1              | 48           | 26         | 36         | 50           | 76           | 68           | 2         | 1         | 2         | 3         | 4         | 3         | 2         | 1         | 2         | 2         | 4         | 3         | 3         | 2         | 2         | 3         | 5          | 4          |
| <b>AXE 2 : STEP BOUAFLE- BONON</b> |              |            |            |              |              |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |
| Ako<br>wèb<br>o                    | 112          | 60         | 83         | 117          | 176          | 158          | 6         | 3         | 4         | 6         | 9         | 8         | 5         | 3         | 4         | 6         | 8         | 8         | 7         | 4         | 5         | 7         | 11         | 10         |
| Dab<br>ouza                        | 44           | 24         | 33         | 46           | 69           | 62           | 2         | 1         | 2         | 2         | 3         | 3         | 2         | 1         | 2         | 2         | 3         | 3         | 3         | 1         | 2         | 3         | 4          | 4          |
| Nan<br>grek<br>ro                  | 184          | 99         | 136        | 192          | 289          | 259          | 9         | 5         | 7         | 10        | 14        | 13        | 9         | 5         | 6         | 9         | 14        | 12        | 11        | 6         | 9         | 12        | 18         | 16         |
| Gob<br>azra                        | 212          | 114        | 157        | 221          | 333          | 299          | 11        | 6         | 8         | 11        | 17        | 15        | 10        | 5         | 7         | 10        | 16        | 14        | 13        | 7         | 10        | 14        | 21         | 19         |
| Bon<br>on 2                        | 187          | 101        | 139        | 195          | 294          | 264          | 9         | 5         | 7         | 10        | 15        | 13        | 9         | 5         | 7         | 9         | 14        | 13        | 12        | 6         | 9         | 12        | 18         | 16         |
| Bieg<br>on                         | 120          | 65         | 89         | 125          | 189          | 169          | 6         | 3         | 4         | 6         | 9         | 8         | 6         | 3         | 4         | 6         | 9         | 8         | 8         | 4         | 6         | 8         | 12         | 11         |
| Zano<br>ufla                       | 154          | 83         | 115        | 161          | 243          | 218          | 8         | 4         | 6         | 8         | 12        | 11        | 7         | 4         | 5         | 8         | 12        | 10        | 10        | 5         | 7         | 10        | 15         | 14         |
| Ben<br>ou                          | 95           | 51         | 70         | 99           | 149          | 134          | 5         | 3         | 4         | 5         | 7         | 7         | 5         | 2         | 3         | 5         | 7         | 6         | 6         | 3         | 4         | 6         | 9          | 8          |
| Tota<br>l axe<br>2                 | 1 107        | 597        | 822        | 1 155        | 1 741        | 1 563        | 55        | 30        | 41        | 58        | 87        | 78        | 53        | 28        | 39        | 55        | 83        | 74        | 69        | 37        | 51        | 72        | 109        | 98         |
| <b>Tota<br/>l<br/>Rur<br/>ales</b> | <b>1 156</b> | <b>623</b> | <b>858</b> | <b>1 205</b> | <b>1 817</b> | <b>1 631</b> | <b>58</b> | <b>31</b> | <b>43</b> | <b>60</b> | <b>91</b> | <b>82</b> | <b>55</b> | <b>30</b> | <b>41</b> | <b>57</b> | <b>86</b> | <b>77</b> | <b>72</b> | <b>39</b> | <b>54</b> | <b>75</b> | <b>114</b> | <b>102</b> |

|   |            |            |            |            |            |            |     |     |     |       |       |       |     |     |     |       |       |       |     |     |       |       |           |       |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-----------|-------|
| TO<br>TAL<br>ZO<br>NE<br>PR<br>OJE<br>T | 12 34<br>7 | 12 85<br>3 | 18 07<br>7 | 25 74<br>8 | 30 01<br>2 | 36 25<br>0 | 617 | 643 | 904 | 1 287 | 1 501 | 1 812 | 586 | 611 | 859 | 1 223 | 1 426 | 1 722 | 773 | 804 | 1 131 | 1 611 | 1 87<br>8 | 2 268 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-----------|-------|

Annexe 5 : Estimation des débits



| <b>Caractéristiques du Bassin versant</b> |                              |                |                 |
|---|------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Paramètre</b>                          | <b>Symboles</b>              | <b>Valeurs</b> | <b>Unités</b>   |
| Coordonnées du site                       | 6°58'51.19"N et 5°45'48.12"O |                |                 |
| Périmètre                                 | P                            | 74,19          | Km              |
| <b>Petit bassin versant</b>               |                              |                |                 |
| Surface                                   | S                            | 100,25         | Km <sup>2</sup> |
| Moyenne Pente transversale                | It                           | 26,29          | m/Km            |
| Indice de compacité                       | Kg                           | 2,07485042     |                 |
| Forme du BV                               | <b>Bassin allongé</b>        |                |                 |
| Longueur du rectangle équivalent          | Le                           | 34,163         | Km              |
| Largeur du rectangle équivalent           | leq                          | 2,934          | Km              |
| Altitude Max                              | Hmax                         | 301            | m               |
| Altitude Min                              | Hmin                         | 161            | m               |
| Altitude à 5% de surface                  | Hm15% de surface             | 282            | m               |
| Altitude à 95% de surface                 | Hm195% de surface            | 221            | m               |
| n   |                              | 4              |                 |
| Pente moyenne                             | Imoy                         | 13,983         | m/Km            |
| Indice global de pente                    | Ig                           | 1,786          | m/Km            |
| Indice global de pente corrigé            | Ig corrigé                   | 7,912          | m/Km            |
| Indice global de pente retenu             | Ig retenu                    | 7,910          | m/Km            |
| Pente longitudinale                       | I                            | 5,400          | m/Km            |
| Dénivelé spécifique                       | Ds                           | 79,22          | m               |

Annexe 6 : Caractéristiques du bassin versant



Annexe 7 : Carte des différents emplacements du seuil

### AXE 1 : EXHAURE-STEP BOUAFLE

|                                   |                    |                     |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------|
| <b>EXHAURE BOUAFLE</b>            |                    |                     |
| Côte (PBE)                        | 150,52             | m                   |
| Côte (PHE)                        | 165,46             | m                   |
| Cote Aspiration pompe             | 149,52             | m                   |
| <hr/>                             |                    |                     |
| Diamètre lineaire                 | 500                | mm                  |
|                                   | 2 090,00           | m                   |
| Débit production                  | <b>840</b>         | m <sup>3</sup> /h   |
| Masse volumique                   | 1000               | kg/m <sup>3</sup>   |
| Pesanteur                         | 9,81               | m <sup>2</sup> /s   |
| Rendement pompe                   | 0,75               | %                   |
| Rendement moteur                  | 0,75               | %                   |
| <hr/>                             |                    |                     |
| <b>Restitution</b>                |                    | <b>STEP BOUAFLE</b> |
| Cote TN                           | 164,55             | m                   |
| HAUTEUR REPARTITEUR               | 4                  |                     |
| Côte de restitution               | 168,55             | m                   |
| <hr/>                             |                    |                     |
| Hg                                | 18,03              | m                   |
| Perte de charge lineaire unitaire | 2,19               | m/km                |
| Perte de charge lineaire          | 4,58               | m                   |
| Perte de charge singuliaire       | 0,46               |                     |
| PDC_total                         | 5,03481            |                     |
| HMT calculée                      | 23,06              | m                   |
| <hr/>                             |                    |                     |
| Puissance Hydraulique             | <b>52,80</b>       | <b>KW</b>           |
| Puissance pompe                   | <b>70,39380012</b> | <b>KW</b>           |
| Puissance moteur                  | <b>93,85840016</b> | <b>KW</b>           |

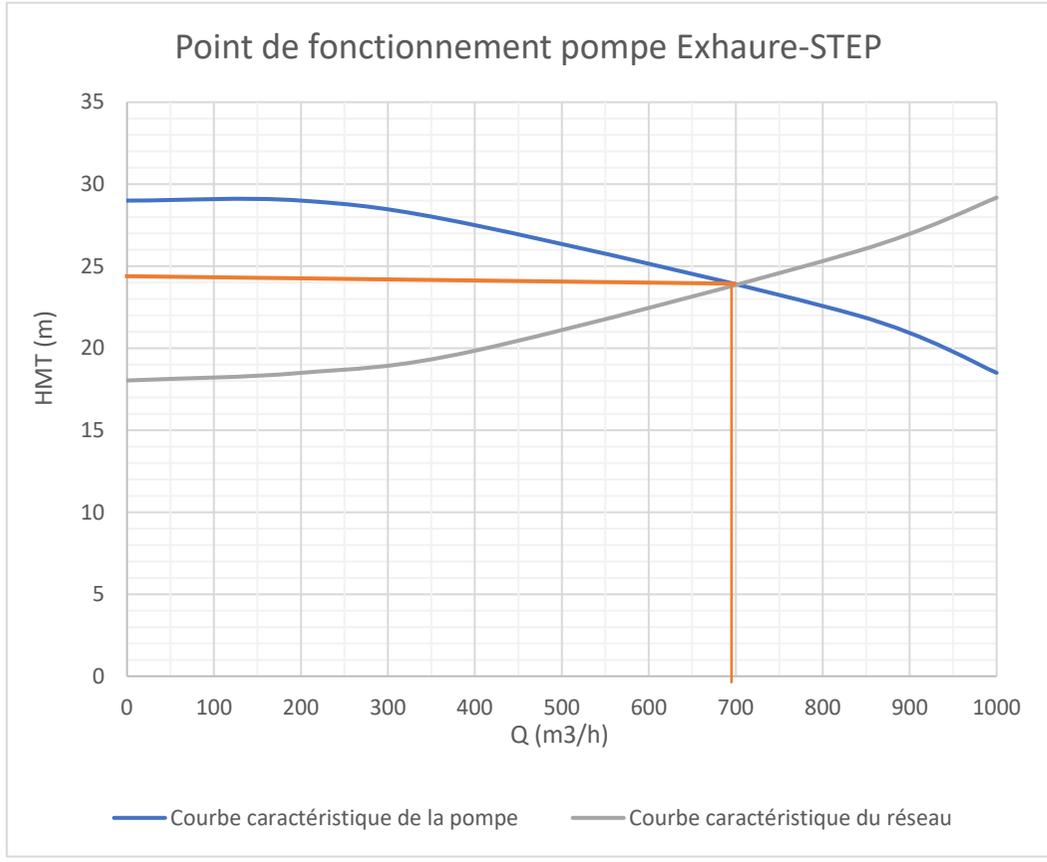
### AXE 2 : STEP BOUAFLE-CE BOUAFLE

|                                   |                    |                           |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| <b>Bâche Eau traitée</b>          |                    | <b>1500 m<sup>3</sup></b> |
| Cote TN                           | 171,00             | m                         |
| Cote Bâche (PBE)                  | 167,00             | m                         |
| Cote Aspiration pompe             | 166,00             | m                         |
| <hr/>                             |                    |                           |
| Diamètre lineaire                 | 400                | mm                        |
|                                   | 6 428,00           | m                         |
| <hr/>                             |                    |                           |
| Débit                             | <b>400</b>         | m <sup>3</sup> /h         |
| Masse volumique                   | 1000               | kg/m <sup>3</sup>         |
| Pesanteur                         | 9,81               | m <sup>2</sup> /s         |
| Rendement pompe                   | 0,75               | %                         |
| Rendement moteur                  | 0,75               | %                         |
| <hr/>                             |                    |                           |
| <b>Restitution</b>                |                    | <b>CE 1000 bouafle</b>    |
| Cote TN                           | 226                | m                         |
| Hauteur CE                        | 15                 | m                         |
| Cote Radier                       | 241                | m                         |
| Hauteur Utile                     | 5,25               | m                         |
| <hr/>                             |                    |                           |
| Cote Trop Plein                   | 246,25             | m                         |
| <hr/>                             |                    |                           |
| Hg                                | 79,25              | m                         |
| Perte de charge lineaire unitaire | 1,63               | m/km                      |
| Perte de charge lineaire          | 10,47764           | m                         |
| Perte de charge singuliaire       | 1,047764           |                           |
| PDC_total                         | 11,525404          |                           |
| HMT calculée                      | 90,775404          | m                         |
| <hr/>                             |                    |                           |
| Puissance Hydraulique             | <b>98,94519036</b> | <b>KW</b>                 |
| Puissance pompe                   | <b>131,9269205</b> | <b>KW</b>                 |
| Puissance moteur                  | <b>175,9025606</b> | <b>KW</b>                 |

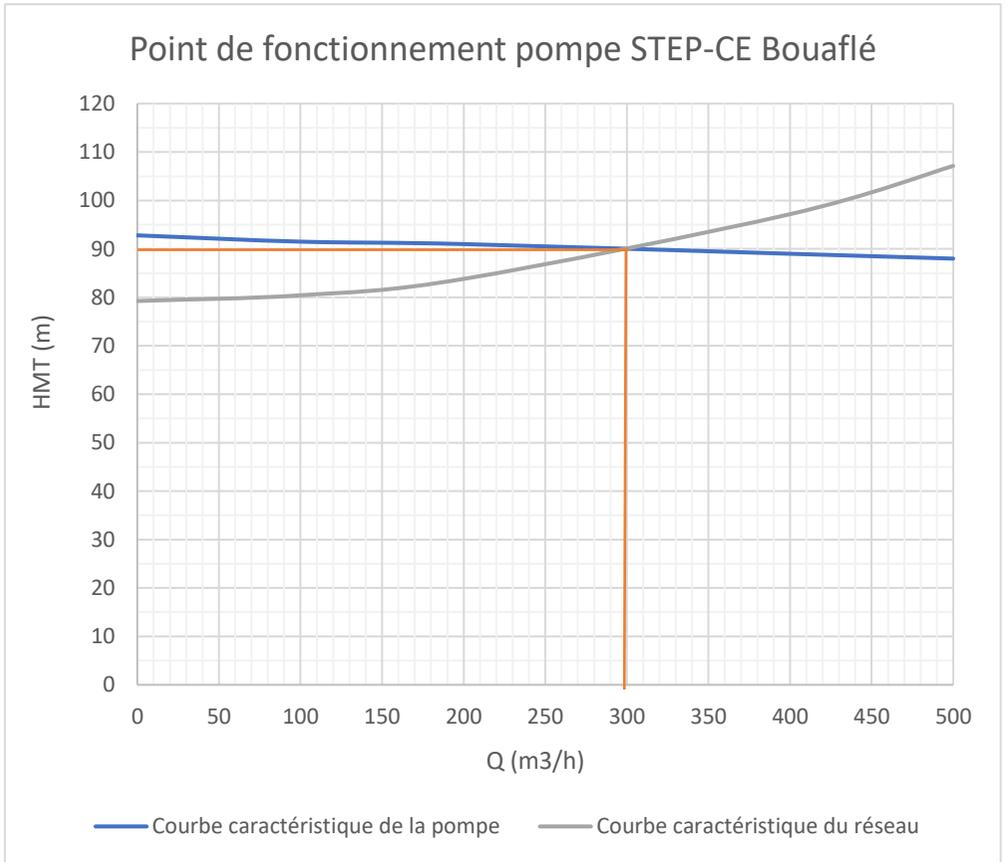
| <b>AXE 3 : STEP BOUAFLE-SR2 GOBAZRA</b> |                                 |                   | <b>AXE 4 : SR2-CE GOBAZRA</b>     |                       |                   |
|---|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Bâche Eau traitée</b>                |                                 |                   | <b>Bâche Eau traitée</b>          |                       |                   |
| Cote TN                                 | 171,00                          | m                 | 1000 m <sup>3</sup>               |                       |                   |
| Cote Bâche (PBE)                        | 167,00                          | m                 | Cote TN                           | 209,00                | m                 |
| Cote Aspiration pompe                   | 166,00                          | m                 | Cote Bâche (PBE)                  | 203,00                | m                 |
|   |                                 |                   | Cote Aspiration pompe             | 202,00                | m                 |
|   |                                 |                   | Hauteur de la bâche               | 6,00                  | m                 |
| Diamètre lineaire                       | 500                             | mm                | Diamètre lineaire                 | 200                   | mm                |
|   | 17 894,00                       | m                 |                                   | 111,00                | m                 |
| Débit                                   | <b>800</b>                      | m <sup>3</sup> /h | Débit                             | <b>100</b>            | m <sup>3</sup> /h |
| Masse volumique                         | 1000                            | kg/m <sup>3</sup> | Masse volumique                   | 1000                  | kg/m <sup>3</sup> |
| Pesanteur                               | 9,81                            | m <sup>2</sup> /s | Pesanteur                         | 9,81                  | m <sup>2</sup> /s |
| Rendement pompe                         | 0,75                            | %                 | Rendement pompe                   | 0,75                  | %                 |
| Rendement moteur                        | 0,75                            | %                 | Rendement moteur                  | 0,75                  | %                 |
| <b>Restitution</b>                      | <b>Bâche 1000 m<sup>3</sup></b> |                   | <b>Restitution</b>                | <b>CE 500 GOBAZRA</b> |                   |
| Cote TN                                 | 203                             | m                 | Cote TN                           | 223                   | m                 |
| Cote Bâche (PBE)                        | 199                             | m                 | Hauteur CE                        | 15                    | m                 |
| Cote Aspiration pompe                   | 198,5                           | m                 | Cote Radier                       | 240                   | m                 |
| Côte de restitution                     | 204                             | m                 | Hauteur Utile                     | 9                     | m                 |
|   |                                 |                   | PBE                               | 240,5                 |                   |
|   |                                 |                   | Cote Trop Plein                   | 249                   | m                 |
| Hg                                      | 37,00                           | m                 | Hg                                | 46,00                 | m                 |
| Perte de charge lineaire unitaire       | 2                               | m/km              | Perte de charge lineaire unitaire | 3,79                  | m/km              |
| Perte de charge lineaire                | 35,788                          | m                 | Perte de charge lineaire          | 0,42                  | m                 |
| Perte de charge singuliaire             | 3,5788                          |                   | Perte de charge singuliaire       | 0,042069              |                   |
| PDC_total                               | 39,3668                         |                   | PDC_total                         | 0,46                  |                   |
| HMT calculée                            | 76,37                           | m                 | HMT calculée                      | 46,46                 | m                 |
| Puissance Hydraulique                   | <b>166,48</b>                   | <b>KW</b>         | Puissance Hydraulique             | <b>12,66</b>          | <b>KW</b>         |
| Puissance pompe                         | <b>221,972832</b>               | <b>KW</b>         | Puissance pompe                   | <b>16,8814691</b>     | <b>KW</b>         |
| Puissance moteur                        | <b>295,963776</b>               | <b>KW</b>         | Puissance moteur                  | <b>22,50862547</b>    | <b>KW</b>         |

| <b>AXE 5 : SR2-CE BONON</b>       |                    |                   |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| <b>Bâche Eau traitée</b>          |                    |                   |
| Cote TN                           | 209,00             | m                 |
| Cote Bâche (PBE)                  | 203,00             | m                 |
| Cote Aspiration pompe             | 202,00             | m                 |
| Hauteur de la bâche               |                    |                   |
| Diamètre                          | 500                | mm                |
| lineaire                          | 16 063,00          | m                 |
| Débit                             | <b>700</b>         | m <sup>3</sup> /h |
| Masse volumique                   | 1000               | kg/m <sup>3</sup> |
| Pesanteur                         | 9,81               | m <sup>2</sup> /s |
| Rendement pompe                   | 0,75               | %                 |
| Rendement moteur                  | 0,75               | %                 |
| <b>Restitution CE 3000 BONON</b>  |                    |                   |
| Cote TN                           | 290                | m                 |
| Hauteur CE                        | 20                 | m                 |
| Cote Radier                       | 312                | m                 |
| Hauteur Utile                     | 9                  | m                 |
| PBE                               | 312,5              |                   |
| Cote Trop Plein                   | 321                | m                 |
| Hg                                | 118,00             | m                 |
| Perte de charge lineaire unitaire | 1,54               | m/km              |
| Perte de charge lineaire          | 24,73702           | m                 |
| Perte de charge singuliaire       | 2,473702           |                   |
| PDC_total                         | 27,210722          |                   |
| HMT calculée                      | 145,210722         | m                 |
| Puissance Hydraulique             | <b>276,9894522</b> | <b>KW</b>         |
| Puissance pompe                   | <b>369,3192696</b> | <b>KW</b>         |
| Puissance moteur                  | <b>492,4256928</b> | <b>KW</b>         |

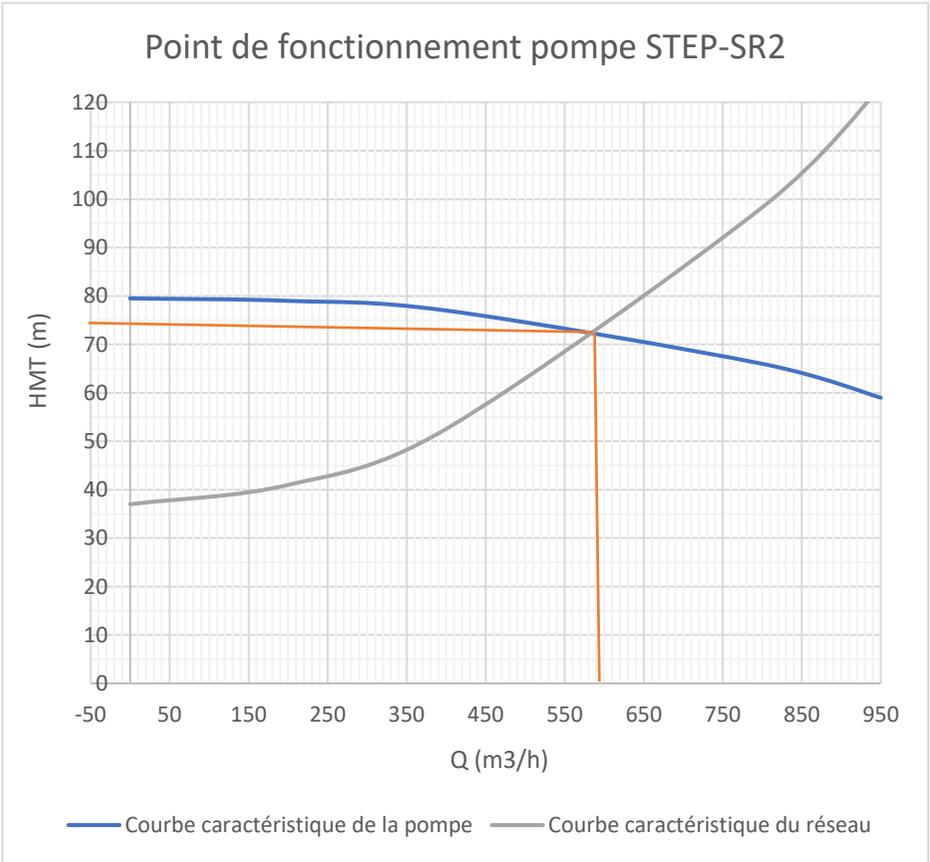
Annexe 8 : Calcul de la HMT



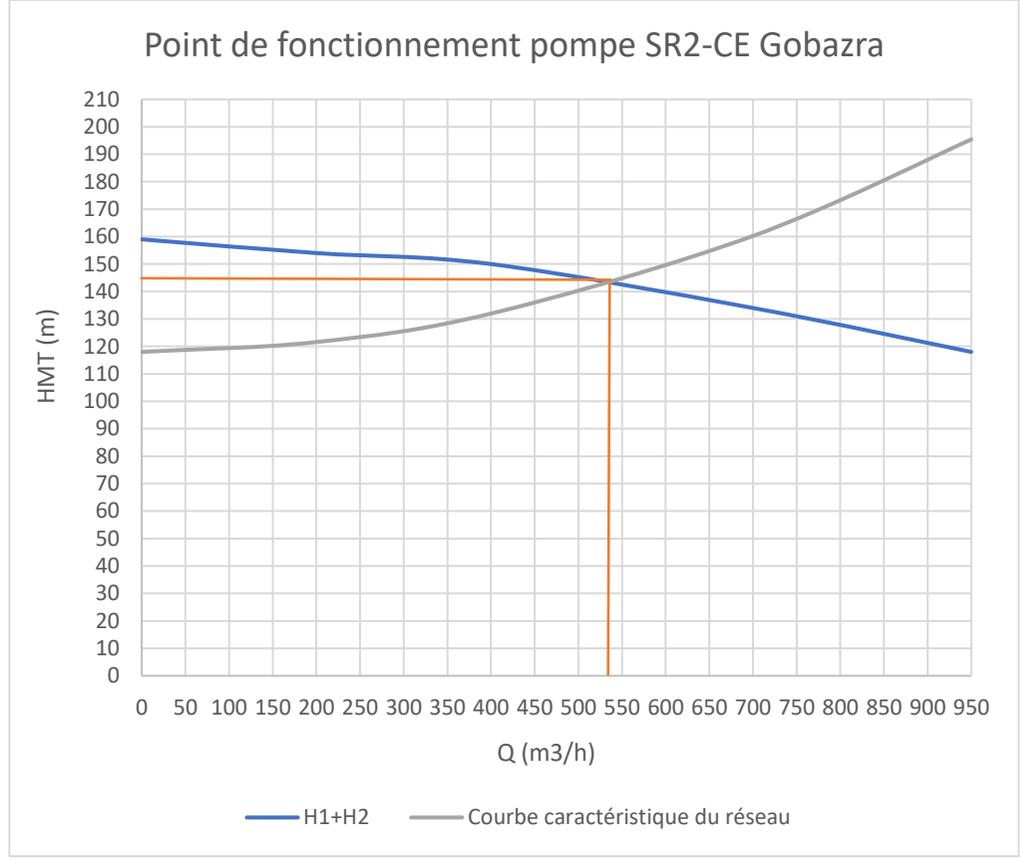
Annexe 9 : Point de fonctionnement pompe Exhaure-STEP



Annexe 10 : Point de fonctionnement pompe STEP-CE Bouaflé



Annexe 12 : Point de fonctionnement pompe STEP-SR2



Annexe 11 : Point de fonctionnement pompe SR2-CE Gobazra

|   | <b>PT</b> | <b>PK (Km)</b> | <b>Nature de la conduite</b> | <b>DN (mm)</b> | <b>DN raccordement</b> |
|---|-----------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------|
| <b>Bief 1 : Exhaure – STEP</b>          |           |                |                              |                |                        |
| PH1                                     | P 7       | 0,14           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH2                                     | P 52      | 0,99           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH3                                     | P 87      | 1,66           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| <b>Bief 2 : SR1.1 – CE 1000 Bouaflé</b> |           |                |                              |                |                        |
| PH1                                     | P 78      | 3,03           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH2                                     | P 108     | 4,12           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH3                                     | P 142     | 5,44           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH4                                     | P 151     | 5,90           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH5                                     | P 173     | 6,68           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| <b>Bief 2 : SR1.2 – SR2 Gobazra</b>     |           |                |                              |                |                        |
| PH1                                     | P48       | 1,88           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH2                                     | P71       | 2,72           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH3                                     | P110      | 4,24           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH4                                     | P149      | 5,70           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH5                                     | P177      | 6,72           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH6                                     | P199      | 7,52           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH7                                     | P244      | 9,25           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH8                                     | P282      | 10,68          | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH9                                     | P358      | 13,64          | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH10                                    | P376      | 14,29          | FONTE                        | 500            | 100                    |
| <b>Bief 2 : SR2.2– CE Bonon</b>         |           |                |                              |                |                        |
| PH1                                     | P7        | 0,20           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH2                                     | P45       | 1,66           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH3                                     | P87       | 3,26           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH4                                     | P154      | 5,84           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH5                                     | P189      | 7,16           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH6                                     | P205      | 7,74           | FONTE                        | 500            | 100                    |
| PH7                                     | 235       | 8,84           | FONTE                        | 500            | 100                    |

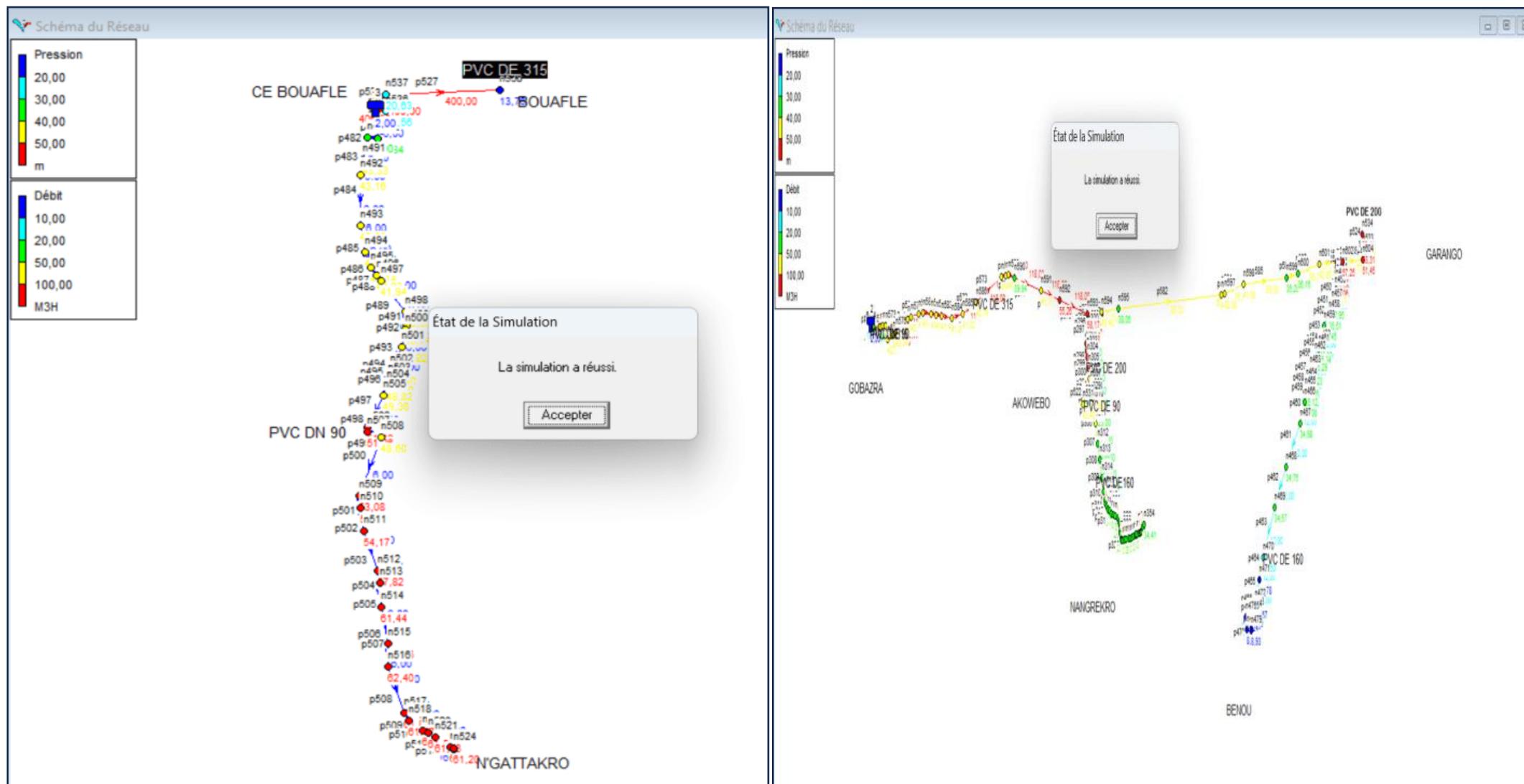
Annexe 13 : Inventaire des ventouses sur les tronçons d'adduction



|   | PT    | PK (Km) | Nature de la conduite | DN (mm) | DN<br>raccordement |
|---|-------|---------|-----------------------|---------|--------------------|
| <b>Bief 1 : Exhaure – STEP</b>              |       |         |                       |         |                    |
| PB 1  | P 22  | 0,42    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 2  | P 87  | 1,22    | FONTE                 | 500     | 150                |
| <b>Bief 2.1 : STEP – CE 1000 m3 Bouaflé</b> |       |         |                       |         |                    |
| PB 1  | P 41  | 1,59    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 2  | P 99  | 3,80    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 3  | P 116 | 4,41    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 4  | P 145 | 5,53    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 5  | P 157 | 6,04    | FONTE                 | 500     | 150                |
| <b>Bief 2 : STEP – SR2</b>                  |       |         |                       |         |                    |
| PB 1  | P11   | 0,40    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 2  | P61   | 2,36    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 3  | P80   | 3,04    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 4  | P132  | 5,05    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 5  | P161  | 6,14    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 6  | P189  | 7,18    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 7  | P213  | 8,06    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 8  | P261  | 9,88    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 9  | P315  | 11,98   | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 10                                       | P365  | 13,91   | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 11                                       | P416  | 15,85   | FONTE                 | 500     | 150                |
| <b>Bief 2 : SR2.2– CE Bonon</b>             |       |         |                       |         |                    |
| PB 1  | P25   | 0,90    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 2  | P70   | 2,60    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 3  | P114  | 4,30    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 4  | P162  | 6,14    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 5  | P197  | 7,44    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 6  | P218  | 8,20    | FONTE                 | 500     | 150                |
| PB 7  | P281  | 10,66   | FONTE                 | 500     | 150                |

Annexe 14 : Inventaire des vidanges sur les tronçons



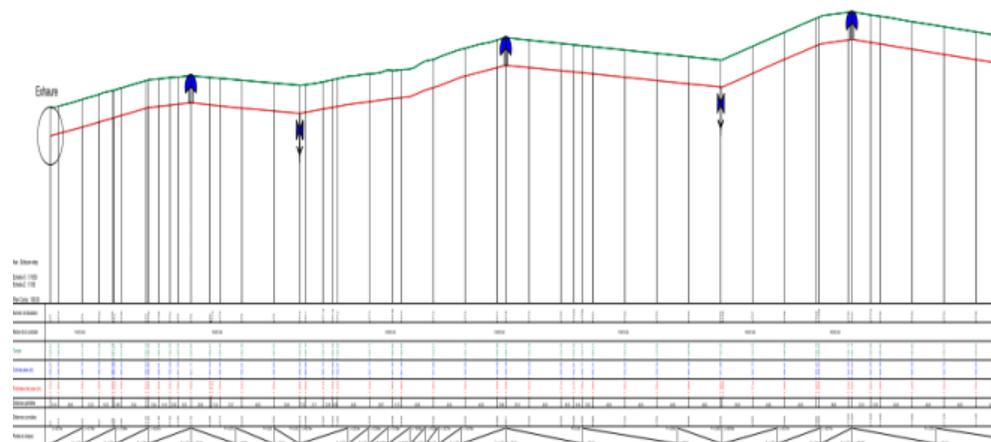
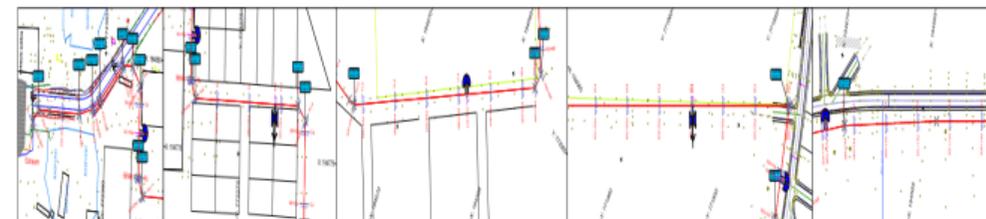


Annexe 16 : Simulation Epanet de la desserte zone d'influence CE-Bouaflé et CE-Gobazra



| SCHEMA DES NOEUDS DE RACCORDS                           |  | NOMBRE DE NOEUDS | NOMENCLATURE DES PIECES   |
|---|--|------------------|---|
| <p>P20a P40a P50a</p>                                   |  | 3                | 1 Coude 1/4 EE Fonte 500  |
| <p>P1a P4a P4b P4c P7a P7b P11a P11b P13a P20a P20b</p> |  | 11               | 1 Coude 1/8 EE Fonte 500  |
| <p>P2a P2b P3a P31a</p>                                 |  | 4                | 1 Coude 1/16 EE Fonte 500   |
| <p>P6 P18 P31 P49</p> <p>Ventouse</p>                   |  | 4                | 1 Tè Fonte 2E+B DN 500/150<br>1 Robinet Vanne DN 150<br>1 Ventouse Triple fonction DN 150                       |
| <p>P16 P26 P37</p> <p>Vidange</p>                       |  | 3                | 1 Tè Fonte 2E+B DN 500/150<br>1 Robinet Vanne DN 150<br>1 JAB pour PVC DE 160<br>1 Coude 1/8 EE pour PVC DE 160 |

Annexe 19: Extrait Carnet des nœuds Exhaure-STEP



Annexe 18 : Extrait profil en long Exhaure-STEP

| Désignation  | Prix               | Durée | Annuel             |
|--|--------------------|-------|--------------------|
| <b>Pompe eau brute</b>                                       | 800 000 000 CFA    | 5     | 160 000 000 CFA    |
| <b>Pompe de reprise d'eau traitée</b>                        | 400 000 000 CFA    | 5     | 80 000 000 CFA     |
| <b>Pompe doseuse</b>   | 30 000 000 CFA     | 5     | 6 000 000 CFA      |
| <b>Pompe de rétro lavage</b>                                 | 15 000 000 CFA     | 5     | 3 000 000 CFA      |
| <b>Suppresseur de retro-lavage</b>                           | 5 500 000 CFA      | 5     | 1 100 000 CFA      |
| <b>Pompe d'évacuation de boues</b>                           | 15 000 000 CFA     | 5     | 3 000 000 CFA      |
| <b>Equipement de préparation des réactifs</b>                | 3 300 340 000 CFA  | 5     | 660 068 000 CFA    |
| <b>Réalisation d'ouvrage en maçonnerie</b>                   | 675 000 000 CFA    | 100   | 6 750 000 CFA      |
| <b>Fourniture et pose de canalisations</b>                   | 5 000 000 000 CFA  | 50    | 100 000 000 CFA    |
| <b>Réalisation et équipement de réservoirs en béton armé</b> | 4 050 000 000 CFA  | 50    | 81 000 000 CFA     |
| <b>Fourniture et pose de pièces spéciales</b>                | 40 000 000 000 CFA | 50    | 800 000 000 CFA    |
| <b>Raccordement électrique</b>                               | 800 000 000 CFA    | 20    | 40 000 000 CFA     |
| <b>Groupe électrogène de relais</b>                          | 300 000 000 CFA    | 10    | 30 000 000 CFA     |
| <b>Total amortissement annuel</b>                            |                    |       | 1 970 918 000 CFA  |
| <b>Total amortissement à l'horizon du projet</b>             |                    |       | 29 563 770 000 CFA |

Annexe 20 : Estimation de l'amortissement à l'horizon projet

| <b>PERSONNEL</b>  |                   |                         |                   |                   |
|---|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Désignation   | Nombre            | Charge                  | Charge mensuelles |                   |
| <b>Chef de centre</b>   | 1                 | 500 000                 | 500 000           |                   |
| <b>Adjoint d'exploitation</b>                                     | 2                 | 300 000                 | 600 000           |                   |
| <b>Exploitants</b>  | 4                 | 250 000                 | 1 000 000         |                   |
| <b>Gardiens</b>   | 10                | 100 000                 | 1 000 000         |                   |
| <b>Total charges annuelles du personnel</b>                       |                   |                         | 3 100 000         |                   |
| <b>Total charges annuelles du personnel à l'horizon du projet</b> |                   |                         | 558 000 000       |                   |
| <b>ELECTRICITE</b>  | 5 000 000 000     |                         |                   |                   |
| <b>CHARGE DU PERSONNEL</b>  |                   |                         |                   |                   |
| Désignation   | Journalier (kg/j) | Annuel (kg/an)          | PU (fcfa/kg)      | Coût annuel (cfa) |
| <b>Sulfates d'aluminium</b>                                       | 1000              | 365 000                 | 500               | 182 500 000       |
| <b>Hypochlorite de sodium</b>                                     | 50                | 18 250                  | 1 500             | 27 375 000        |
| <b>Total charges en achats de réactifs annuelles</b>              |                   |                         |                   | 209 875 000       |
| <b>Total charges en achats de réactifs à l'horizon du projet</b>  |                   |                         |                   | 3 148 125 000     |
| <b>Amortissement + Charges</b>                                    |                   |                         |                   |                   |
| <b>Achat de réactifs</b>  | 3 148 125 000     |                         |                   |                   |
| <b>Charge électricité</b>   | 5 000 000 000     |                         |                   |                   |
| <b>Amortissement</b>  | 29 563 770 000    | Montant Total de Charge |                   |                   |
| <b>Charge entretien</b>   | 503 253 050       | 9 209 378 050           |                   |                   |
| <b>Charge du personnel</b>  | 558 000 000       |                         |                   |                   |
| <b>Total</b>  | 38 773 148 050    |                         |                   |                   |
| <b>Volume total produit à l'horizon du projet (m3)</b>            |                   |                         |                   |                   |
|   | QP(m3/h)          | 1200                    |                   |                   |
|   | Tf                | 20                      |                   |                   |
| <b>131400000</b>  | Nj                | 365                     |                   |                   |

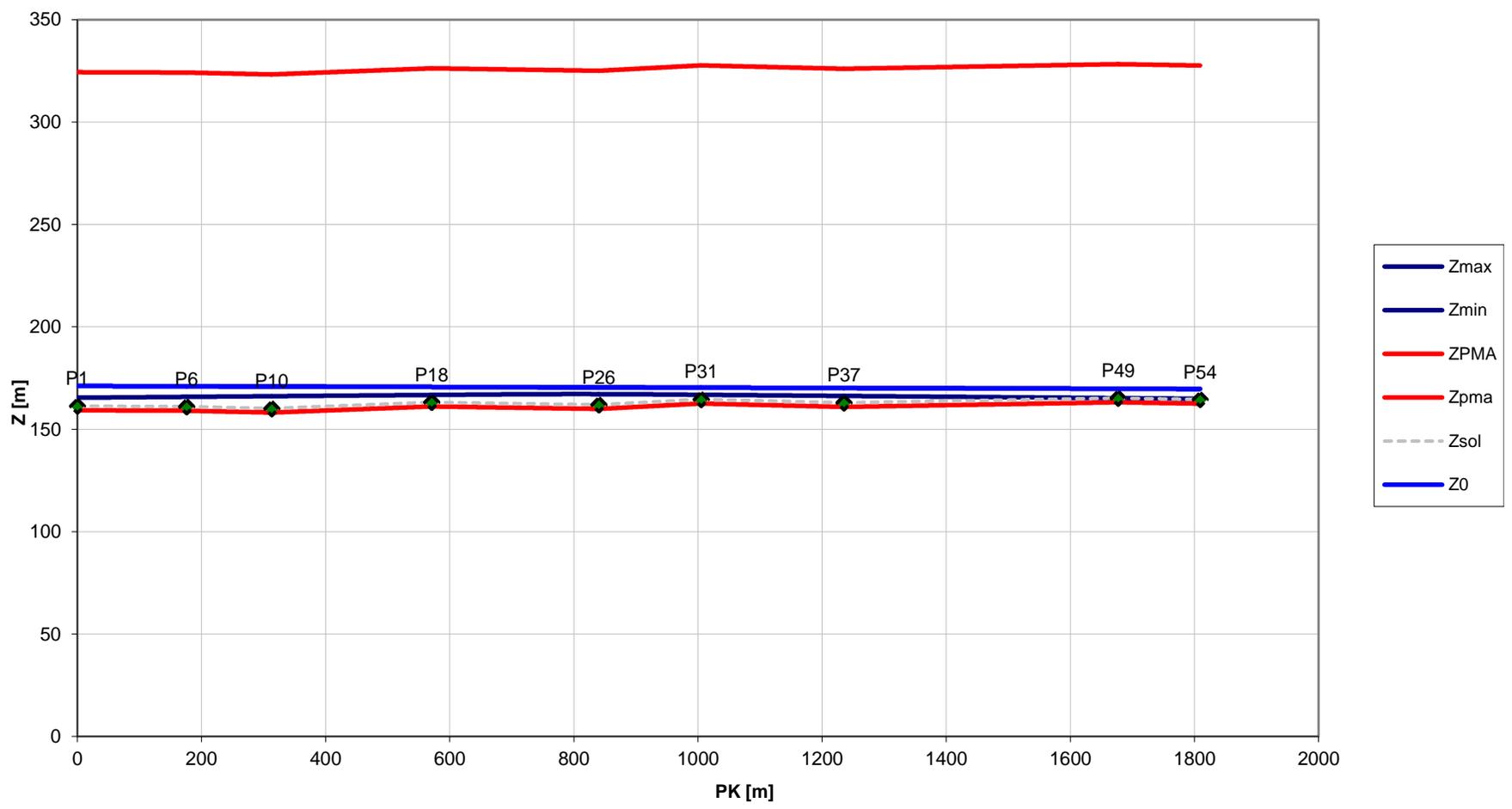
|                           |         |    |
|---------------------------|---------|----|
|                           | Horizon | 15 |
| <b>Prix du mètre cube</b> |         |    |
| 295,0772302               | FCFA    |    |
| <b>Prix retenu</b>        |         |    |
| 300                       | FCFA    |    |

Annexe 21 : Estimation des charges et du prix de revient

| Prestations   | Quantité         | Unité de coût<br>(F CFA TTC) | Coût total<br>(F CFA TTC) |
|---|------------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Séances d'information et de sensibilisation pour les population voisines.</b>                | 2                | 5 000 000                    | 10 000 000                |
| <b>Mission du comité de médiation et mise en œuvre des mesures environnementales et social.</b> | 2                | 10 000 000                   | 20 000 000                |
| <b>Sessions de renforcement des capacités des parties prenantes.</b>                            | 4                | 5 000 000                    | 20 000 000                |
| <b>Assistance de l'ANDE</b>   | Taux forfaitaire | -                            | 20 000 000                |
| <b>Compensation des cadres</b>  | -                | -                            | 10 000 000                |
| <b>Indemnisation des cultures</b>   | -                | -                            | 20 000 000                |
| <b>Coût Total Des Mesures (F CFA)</b>   |                  |                              | <b>100 000 000</b>        |

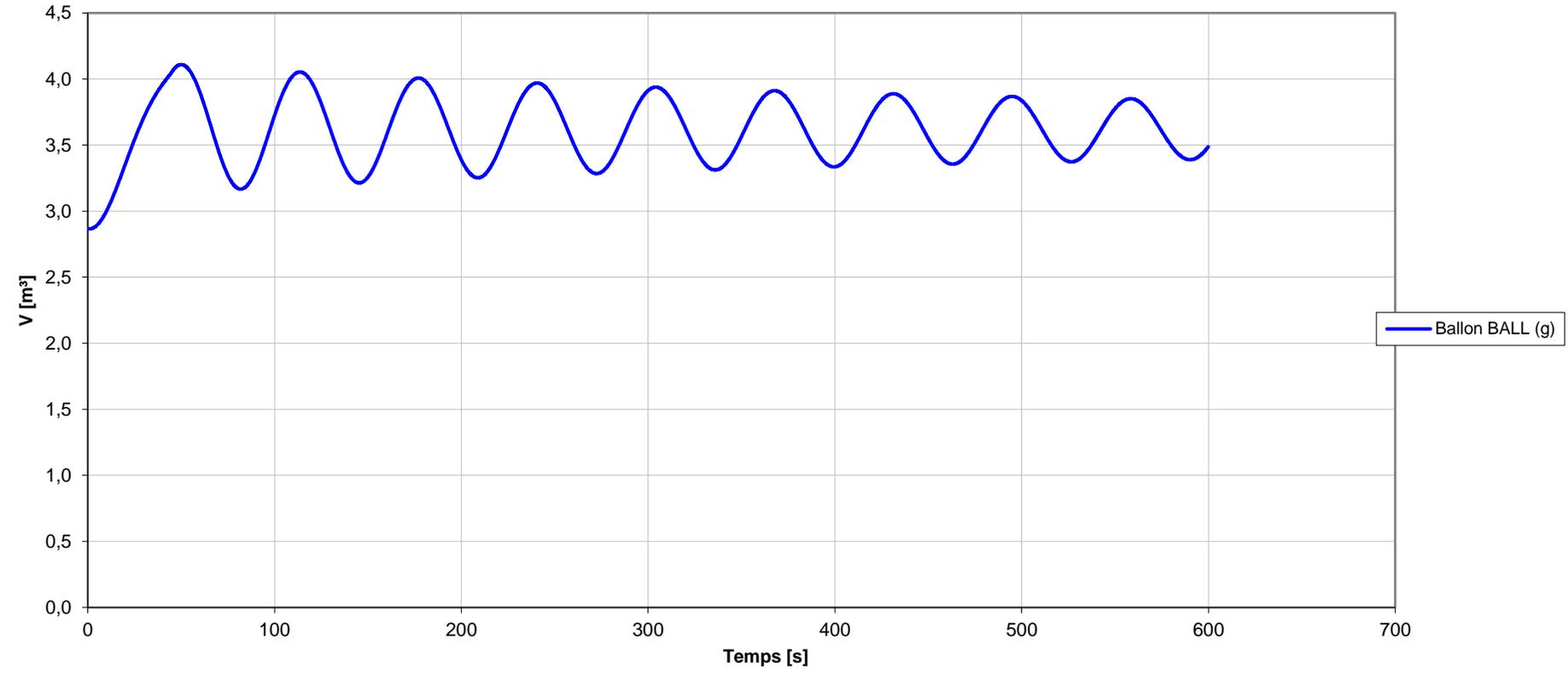
Annexe 22 : Estimation de la mise en œuvre du PGES

Lignes piézométriques maximum et minimum profil généré automatiquement

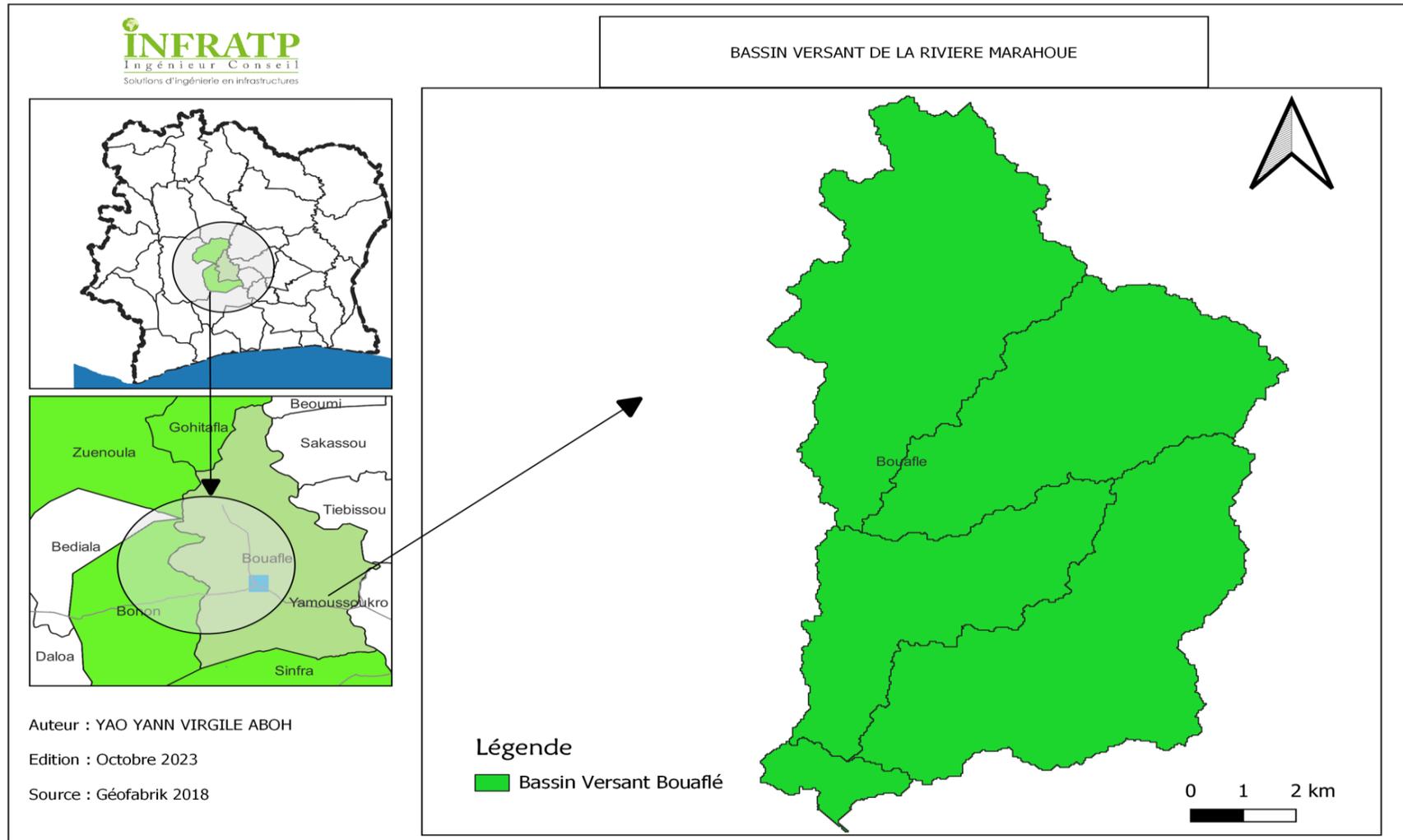


Annexe 23 : Résultats de la simulation anti-bélier (Axe Exhaure-STEP)

Evolution des volumes



Annexe 24 : Résultats de la simulation anti-bélier : Évolution du volume dans le ballon (Axe Exhaure-STEP)



Annexe 25 : Bassin versant de la rivière Marahoué



Annexe 26 : Synoptique Projet AEP Bouaflé Phase 2