



# **ANALYSE DE LA DESSERTE EN EAU DU SYSTEME D'AEP DE LA VILLE DE PARAKOU (BENIN) A L'HORIZON 2040**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
**MASTER**

**SPECIALITE : GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES  
AMENAGEMENTS HYDRO AGRICOLES (GEAAH)**

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 22 Juillet 2024 par :

**Raïssa Querida KPOLEDJI (20220051)**

**Encadrant 2iE : Dr. Angelbert BIAOU**, Enseignant chercheur en Génie de l'eau à l'Institut 2iE, Maitre de Conférences (CAMES), Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA)

**Maître de stage : Gérard GNONSEY**, Ingénieur Hydraulicien, Chef de Mission à IGIP Afrique (Bénin)

**Structure d'accueil du stage : IGIP Afrique (Bénin)**

**Jury d'évaluation du stage :**

Président : **Dr Boukary SAWADOGO**, Enseignant-Chercheur en Génie de Eau et de l'Assainissement à l'Institut 2iE, Maitre de Conférences (CAMES)

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO, Ingénieur Hydraulicien

Dr. Axel BELEMTOUGRI

**Promotion [2023-2024]**

*Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

---

**DEDICACES**

*A*

*Mon cher père Comlanvi KPOLEDJI et à ma chère mère Saturnine MEHOU-LOKO, que de lourds sacrifices avez-vous consentis pour mon éducation et ma formation. Recevez en ce travail l’expression de ma vive et profonde gratitude.*

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### **REMERCIEMENTS**

A l'entame de ce travail, nous tenons à remercier le Seigneur pour son assistance et pour la grâce qu'il nous fait de voir ce jour. Nos remerciements vont ensuite à l'endroit de l'ensemble du corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) pour la qualité de la formation reçue et pour l'accompagnement tout au long de notre cursus. Nous voulons dans cet élan particulièrement nommer :

- Pr. El Hadji Bamba DIAW, Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) ;
- Dr. Mahamadou KOÏTA, Directeur des Enseignements et des Affaires Académiques ;
- Dr Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Chef du département de Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-agricoles (GEAAH) ;
- Dr Angelbert Chabi BIAOU, enseignant chercheur à 2iE, pour ses précieux conseils et son inestimable apport à l'élaboration de ce document.

Nous adressons également notre sincère gratitude à tous ceux qui nous ont encadré et assisté de diverses manières tout au long de notre stage à IGIP Afrique et spécialement à :

- Notre maître de stage, Mr Gérard GNONSEY, Ingénieur Hydraulicien, Chef de mission sur le projet HU31 (Parakou) ;
- Mr Edmond NASSALA, Directeur Général de IGIP Afrique et à tout son personnel, notamment au Chef de Département Eau et Assainissement Mr Narcisse AGBATCHI et aux Ingénieurs Gilbert CHABI et Manassé VODOUHE pour leur précieux conseils.

Enfin, nous voulons mentionner toutes les personnes dont nous taisons les noms et qui de près ou de loin n'ont ménagé aucun effort pour nous soutenir et contribuer à l'aboutissement de ce travail.

# *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

## **RESUME**

Ces dernières années, plusieurs villes du Bénin dont Parakou ont vu leur réseau d'AEP se renforcer et se densifier pour répondre aux besoins des populations. Cependant, l'accroissement rapide de la population de Parakou amène à s'interroger sur la capacité du système d'AEP à répondre aux besoins en 2040. C'est à cette interrogation que notre travail intitulé « Analyse de la desserte en eau du système d'AEP de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040 » tente de répondre. Alimenté par le fleuve Okpara, le système d'AEP de Parakou est constitué d'une station de pompage d'eau brute de débit maximal 1 800m<sup>3</sup>/h, d'une usine de traitement qui refoule un débit de 1 600m<sup>3</sup>/h vers une station de reprise pour la distribution de l'eau. Le réseau de distribution est un réseau maillé qui se répartit en deux zones à savoir la zone haute et la zone basse et la réserve de stockage est de 6 300m<sup>3</sup> fournie par trois bâches et deux châteaux d'eau. Entre 2024 et 2040, Parakou enregistrera une augmentation de sa population de 422 527 à 878 362 habitants avec une évolution de la demande de 11 336 à 60 814m<sup>3</sup>/j. On notera alors un manque de 1 338m<sup>3</sup>/h en production, un manque de 1 381m<sup>3</sup>/h en débit d'eau traitée et un manque de 5 839m<sup>3</sup> au niveau du stockage. Pour pallier ces manques, nous proposons l'extension du système existant par la mise en place d'une station de pompage d'eau brute de 1 500m<sup>3</sup>/h, d'une station de refoulement d'eau traitée de 1 500m<sup>3</sup>/h et d'une station de pompage vers la zone haute de 975m<sup>3</sup>/h. Les pompes utilisées sont de marque KSB. Le transit des débits sera assuré par des conduites en fonte de diamètre DN700, 400, 350mm et des conduites PEHD 900, 800, 630mm. Le stockage sera renforcé par deux bâches, l'une de 3 000m<sup>3</sup> et l'autre de 2 500m<sup>3</sup> et un château d'eau de 500m<sup>3</sup>.

Mots clés :

- 1- Besoin
- 2- Distribution
- 3- Parakou
- 4- Population
- 5- Système d'AEP

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### **ABSTRACT**

In recent years, several cities in Benin, including Parakou, have seen their water supply network strengthened and densified to meet the needs of the population. However, the rapid increase in the population of Parakou raises questions about the capacity of the water supply system to meet needs in 2040. This is the question that our work entitled "Analysis of the water supply system of the city of Parakou (Benin) by 2040" attempts to answer. Fed by the Okpara River, the water supply system of Parakou consists of a raw water pumping station with a maximum flow rate of 1 800m<sup>3</sup>/h, a treatment plant that pumps a flow of 1 600m<sup>3</sup>/h to a recovery station for water distribution. The water distribution network is a meshed network divided into two areas, namely the upper and lower areas, and the storage reserve is 6 300m<sup>3</sup> provided by three tarpaulins and two water towers. Between 2024 and 2040, Parakou will see its population increase from 422 527 to 878 362 inhabitants with an increase in demand from 11 336 to 60 814m<sup>3</sup>/d. There is a shortfall of 1 338m<sup>3</sup>/h in production, a shortfall of 1 381m<sup>3</sup>/h in supply and a shortfall of 5 839m<sup>3</sup> in storage. To compensate for these shortcomings, we propose the extension of the existing system by setting up a raw water pumping station of 1 500m<sup>3</sup>/h, a treated water discharge station of 1 500m<sup>3</sup>/h and a pumping station to the upper area of 975m<sup>3</sup>/h. The pumps used are KSB brand. The transit of the supply flows will be ensured by cast iron pipes with diameters of DN700, 400, 350mm and HDPE pipes 900, 800, 630mm. The storage will be reinforced by two tarpaulins, one of 3000m<sup>3</sup> and the other of 2 500m<sup>3</sup> and a 500m<sup>3</sup> water tower.

Keywords:

- 1- Distribution
- 2- Need
- 3- Parakou
- 4- Population
- 5- Water Supply System

*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

---

**LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS**

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

DE : Diamètre Extérieur

DN : Diamètre Nominal

GITEC : Groupement des Ingénieurs et Techniciens de l'Environnement et du Cadre de vie

HU: Hydraulique Urbaine

IGIP: Ingenieur Gesellschaft für Internationale Planungsgesellschaft

KSB: Kairos By Sulzer

MEM : Ministère de l'Eau et des Mines

NPSH : Net Positive Suction Head

OCBN : Organisation Commune Bénin-Niger des chemins de fer et des transports

ODD : Objectifs du Développement Durable

Patm : Pression atmosphérique

PBE : Plus Basses Eaux

PCD : Plan Communal de Développement

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PHE : Plus Hautes Eaux

PMA : Pression Maximale Admissible

PN : Pression Nominale

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

SONEB : Société Nationale des Eaux du Bénin

UN : United Nations

*Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

**SOMMAIRE**

DEDICACES .....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME .....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS .....	v
SOMMAIRE.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES .....	x
LISTE DES PHOTOS.....	xi
FICHE SIGNALÉTIQUE DU PROJET .....	xii
INTRODUCTION .....	1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DE LA ZONE D’ETUDE.....	2
I.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL.....	2
I.1.1. Présentation de IGIP Afrique.....	2
I.1.2. Domaines d’intervention et prestations de IGIP Afrique.....	2
I.1.3. Situation géographique de IGIP Afrique.....	3
I.2. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....	4
I.2.1. Situation géographique .....	4
I.2.2. Climat et pluviométrie .....	6
I.2.3. Hydrographie .....	6
I.2.4. Géologie et hydrogéologie.....	7
I.2.5. Relief, sols, végétation.....	7
I.2.6. Situation démographique .....	8
I.2.7. Aspects socio-économiques .....	8
I.2.8. Situation d’alimentation en eau potable.....	8
II. PRESENTATION DU PROJET.....	10
II.1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION.....	10
II.2. OBJECTIFS DE L’ETUDE .....	11
II.3. RESULTATS ATTENDUS.....	11
III. MATERIELS ET METHODES .....	12
III.1. RECHERCHE DOCUMENTAIRE ET VISITE DE TERRAIN .....	12
III.2. MATERIELS UTILISES .....	12
III.3. METHODOLOGIE.....	12

# *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

III.3.1. Diagnostic du système d’approvisionnement en eau potable existant de la ville de Parakou et projection de son fonctionnement à l’horizon 2040.....	13
III.3.2. Méthodologie de dimensionnement des extensions et renforcements .....	22
IV. RESULTATS .....	29
IV.1. DIAGNOSTIC DU SYSTEME D’APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE EXISTANT DE LA VILLE DE PARAKOU ET PROJECTION DE SON FONCTIONNEMENT A L’HORIZON 2040 .....	29
IV.1.1. Diagnostic du système d’alimentation en eau potable existant de la ville de Parakou.....	29
IV.1.2. Estimation des besoins à l’horizon 2040 .....	36
IV.1.3. Identification des points de faiblesse du réseau à l’horizon 2040 et propositions.....	37
IV.2. DIMENSIONNEMENT DES EXTENSIONS ET RENFORCEMENTS .....	45
IV.2.1. Station de l’Okpara.....	45
IV.2.2. Usine d’eau.....	49
IV.2.3. Réservoirs.....	49
IV.2.4. Station de pompage d’eau traitée de Banikani .....	50
IV.2.5. Station de pompage du nouveau site (Guèma) .....	54
IV.2.6. Réseau de distribution .....	58
V. ETUDE D’IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU PROJET .....	60
V.1. CADRE LEGISLATIF REGISSANT LE PROJET .....	60
V.2. IDENTIFICATION DES IMPACTS.....	60
V.3. EVALUATION DES IMPACTS POSITIFS DU PROJET .....	61
V.4. EVALUATION DES IMPACTS NEGATIFS DU PROJET .....	62
V.5. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE (PGES).....	63
V.5.1. Mesures de bonification.....	63
V.5.2. Mesures d’atténuation et de compensation.....	63
V.5.3. Surveillance et suivi environnemental et social.....	64
VI. EVALUATION DU COÛT DU PROJET .....	67
CONCLUSION.....	68
RECOMMANDATIONS.....	69
BIBLIOGRAPHIE .....	70
ANNEXES.....	71
Annexe 6.1.....	xxiii



**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**LISTE DES TABLEAUX**

<i>Tableau 1: Evolution de la consommation spécifique .....</i>	15
<i>Tableau 2: Evolution du taux de desserte .....</i>	15
<i>Tableau 3: Population de Parakou à l'horizon 2040 .....</i>	36
<i>Tableau 4: Evaluation des besoins à l'horizon 2040 .....</i>	36
<i>Tableau 5: Estimation des débits .....</i>	37
<i>Tableau 6: Evolution des débits jusqu'à l'horizon du projet par rapport au débit actuel .....</i>	37
<i>Tableau 7: Complément de débit à l'horizon 2040 .....</i>	39
<i>Tableau 8: Vérification des conduites d'aspiration et de refoulement de la station de l'Okpara .....</i>	39
<i>Tableau 9: Vérification de la capacité des ouvrages de traitement.....</i>	40
<i>Tableau 10: Vérification de la capacité de stockage .....</i>	40
<i>Tableau 11: Complément de débit d'adduction à l'horizon 2040.....</i>	41
<i>Tableau 12: Vérification des conduites d'aspiration et de refoulement de la zone haute vers 2kilos .....</i>	41
<i>Tableau 13: Vérification des conduites d'aspiration et de refoulement de la zone basse vers 2kilos .....</i>	42
<i>Tableau 14: Dimensionnement de la conduite d'aspiration de la station de l'Okpara .....</i>	46
<i>Tableau 15: Dimensionnement de la conduite de refoulement de la station de l'Okpara .....</i>	46
<i>Tableau 16: HMT nouvelles pompes pour les niveaux haut et bas de la retenue .....</i>	47
<i>Tableau 17: Caractéristiques des nouvelles pompes .....</i>	47
<i>Tableau 18: Caractéristiques au point de fonctionnement pour les trois pompes.....</i>	48
<i>Tableau 19: Calcul du coup de bélier .....</i>	49
<i>Tableau 20: Stockage supplémentaire nécessaire en 2040 .....</i>	50
<i>Tableau 21: Caractéristiques des réservoirs .....</i>	50
<i>Tableau 22: Dimensionnement de la conduite d'aspiration des pompes de l'usine .....</i>	51
<i>Tableau 23: Dimensionnement de la conduite de refoulement des pompes de l'usine .....</i>	51
<i>Tableau 24: HMT pour les niveaux haut et bas du réservoir d'eau traitée .....</i>	51
<i>Tableau 25: Caractéristiques des pompes .....</i>	52
<i>Tableau 26: Caractéristiques au point de fonctionnement .....</i>	53
<i>Tableau 27: Calcul du coup de bélier .....</i>	53
<i>Tableau 28: Calcul de la NPSH disponible .....</i>	54

*Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

---

<i>Tableau 29: Dimensionnement de la conduite d’aspiration .....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau 30: Dimensionnement de la conduite de refoulement .....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 31: Calcul de la HMT des nouvelles pompes .....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 32: Caractéristiques de la pompe .....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 33: Caractéristiques aux points de fonctionnement .....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 34: Calcul du coup de bélier .....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 35: Calcul de la NPSH disponible .....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 36: Matrice des impacts type Léopold .....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 37: Impacts positifs du projet .....</i>	<i>62</i>
<i>Tableau 38: Evaluation des impacts négatifs du projet .....</i>	<i>62</i>
<i>Tableau 39: Matrice du Plan de Gestion Environnementale et Sociale .....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 40: Estimation des coûts du projet .....</i>	<i>67</i>

**Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville  
de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040**

---

**LISTE DES FIGURES**

<i>Figure 1: Situation géographique d'IGIP Afrique (Bénin)</i> .....	3
<i>Figure 2: Organigramme de IGIP Afrique (Bénin)</i> .....	4
<i>Figure 3: Présentation de la commune de Parakou</i> .....	5
<i>Figure 4: Diagramme ombrothermique de Parakou</i> .....	6
<i>Figure 5: Réseau de distribution de Parakou</i> .....	35
<i>Figure 6: Evolution du débit jusqu'en 2040 par rapport au débit actuel</i> .....	38
<i>Figure 7: Altitudes du terrain naturel</i> .....	43
<i>Figure 8: Etat du nouveau site</i> .....	44
<i>Figure 9: Réseau d'adduction y compris le nouvel emplacement proposé</i> .....	45
<i>Figure 10: Caractéristiques aux points de fonctionnement des pompes de la station de l'Okpara</i> .....	48
<i>Figure 11: Caractéristiques aux points de fonctionnement des pompes de l'usine d'eau</i> .....	52
<i>Figure 12: Caractéristiques aux points de fonctionnement des pompes de Guèma</i> .....	56
<i>Figure 13: Carte des zones d'extension</i> .....	58
<i>Figure 14: Zones d'extension du réseau de distribution</i> .....	59

*Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

---

**LISTE DES PHOTOS**

*Photo 1: Locaux de IGIP Afrique (Bénin) .....2*

*Photo 2: Retenue d'eau de l'Okpara .....29*

*Photo 3: Barrage de l'Okpara .....29*

*Photo 4: Pompes de l'Okpara .....30*

*Photo 5: Tour de prise .....30*

*Photo 6: Filière de traitement.....34*

*Photo 7: Usine de traitement d'eau .....34*

*Photo 8: Château d'eau de Gahnon.....35*

*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

**FICHE SIGNALÉTIQUE DU PROJET**

Désignations		Caractéristiques
<b>1. Localisation</b>		
Pays		Benin
Département		Borgou
Commune		Parakou
Ville		Parakou
Coordonnées	Longitude	2°30' - 2°46'
	Latitude	9°15' - 9°27'
<b>2. Données socio-économiques</b>		
Population en 2013 (hbt)		255 478
Taux d'accroissement départemental (%)		4,68%
Population actuelle en 2024 (hbt)		422 527
Population totale en 2040 (hbt)		878 362
Population desservie en 2040 (hbt)		878 362
Consommation spécifique en 2040 (l/j/hbt)		60
Demande en eau du jour de pointe (m <sup>3</sup> /j)		60 814
Production en eau 2040 (m <sup>3</sup> /j)		75 311
Production actuelle (m <sup>3</sup> /j)		43 200
Temps de pompage (h)		24
Débit supplémentaire à mobiliser (m <sup>3</sup> /j)		1 334
<b>3. Station de pompage Okpara</b>		
Marque et type		KSB, B pump (Pompe verticale à ligne d'arbre)
Nombre		3
Débit (m <sup>3</sup> /h)		499,88
HMT (m)		75,23
Conduite d'aspiration Fonte		DN 700mm
Conduite de refoulement PEHD		DE 900mm
<b>4. Station de pompage Banikani</b>		
Marque et type		KSB, Etaline R (Pompe horizontale de surface)
Nombre		3
Débit (m <sup>3</sup> /h)		499,96
HMT (m)		60
Conduite d'aspiration Fonte		DN 400mm
Conduite de refoulement PEHD		DE 800mm
<b>5. Station de pompage nouveau site (Guèma)</b>		
Marque pompe		KSB, Etanorm SKD (Pompe horizontale de surface)
Nombre		3

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

Débit (m3/h)		315,59
HMT (m)		35
Conduite d'aspiration Fonte		DN 350mm
Conduite de refoulement PEHD		DE 630mm
<b>Réservoirs</b>		
<b>Type</b>		Bâche semi-enterrée en béton armé de forme circulaire
Banikani	Volume m3	3000
Guèma		2500
<b>Type</b>		Château d'eau en béton armé de forme tronconique
Guèma	Volume m3	500

# *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

## **INTRODUCTION**

L'eau est une ressource incontournable pour l'être humain. Les fonctions et usages multiples dont elle fait l'objet font d'elle une ressource d'intérêt. Elle détermine le mode de vie des populations et toutes leurs activités dépendent de sa disponibilité en qualité et en quantité suffisante. Depuis des années, de nombreux pays du monde entier ne cessent de consentir des efforts pour assurer l'accès de tous à la ressource vitale et réaliser ainsi l'ODD6 (garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau). Entre 2015 et 2022, la proportion de la population mondiale ayant accès à une eau potable est donc passée de 69% à 73% [a]. En Afrique, l'accès de tous à l'eau potable demeure l'un des défis majeurs à relever par de nombreux pays. Sur 768 millions de personnes n'utilisant pas des points d'eau améliorés, 344 millions vivent en Afrique [1].

Le gouvernement béninois a retenu l'accès à l'eau potable comme l'une des priorités de la Stratégie de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté [2]. De nombreux projets de construction d'infrastructures hydrauliques ou de renforcement des AEP existants ont été réalisés ou sont en cours, toujours pour assurer le confort hydrique des populations. Cependant, les infrastructures d'approvisionnement en eau potable notamment en milieu urbain accusent généralement du retard sur la croissance démographique. En effet, le taux d'accroissement inter annuel au Bénin est estimé à environ 2,7% [3]. Au niveau des centres urbains, en dehors de la croissance démographique galopante, l'exode rural et l'augmentation des implantations sauvages entraînent un accroissement rapide des populations qui s'accompagne de l'augmentation des besoins à satisfaire et de la réduction des approvisionnements disponibles [4]. Parakou, ville au nord du Bénin, n'est pas en marge de cette dynamique de peuplement accéléré. Entre 2002 et 2013, la ville voit l'effectif de sa population croître de 149 819 à 255 478 habitants [3]. Il se pose alors le problème de savoir si les infrastructures hydrauliques existantes sont calibrées pour répondre aux besoins futurs et de prévoir dès à présent les dispositions à prendre. C'est dans ce cadre que se déploie la présente étude intitulée « Analyse de la desserte en eau du système d'AEP de la ville de Parakou à l'horizon 2040 ».

S'inscrivant dans une approche prévisionnelle, notre travail sera subdivisé en trois parties à savoir :

- La présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude ;
- La présentation du matériel et de la méthodologie adoptée pour l'atteinte des objectifs ;
- La présentation des résultats obtenus.

# *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

## **I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE**

### **I.1. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL**

#### **I.1.1. Présentation de IGIP Afrique**

Basé au Bénin depuis 1999, IGIP Afrique est un bureau d'étude spécialisé dans les domaines du génie civil, de l'eau, de l'assainissement et de l'assistance au développement. Filiale du Groupe GITEC-IGIP ayant son siège en Allemagne, IGIP Afrique a une vocation régionale et compte deux agences, au Togo et au Gabon.

Depuis 25 ans, il reste très impliqué dans l'ingénierie et compte à son actif plus de 500 projets, réalisés avec un réseau de plus de 100 experts nationaux et internationaux universitaires qualifiés dans diverses disciplines [b].



*Photo 1: Locaux de IGIP Afrique (Bénin)*

*Source : IGIP Afrique*

#### **I.1.2. Domaines d'intervention et prestations de IGIP Afrique**

Les domaines de compétence et d'intervention de IGIP Afrique sont les suivants :

- Alimentation en eau potable en milieu rural et urbain (modélisation d'aquifères, géophysique, hydrogéologie, usines d'eau potable, modélisation de réseau d'adduction et de distribution d'eau, calcul hydraulique, optimisation de réseau, télégestion) ;
- Assainissement (drainage des eaux pluviales et eaux usées, hydrologie, modélisation de réseau de collecte et d'évacuation d'eaux pluviales et d'eaux usées) ;
- Aménagement de voirie, d'infrastructure routière en milieu urbain et rural (revêtement de rue, aménagement d'espace public, pistes routes urbaines, etc.) ;



## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

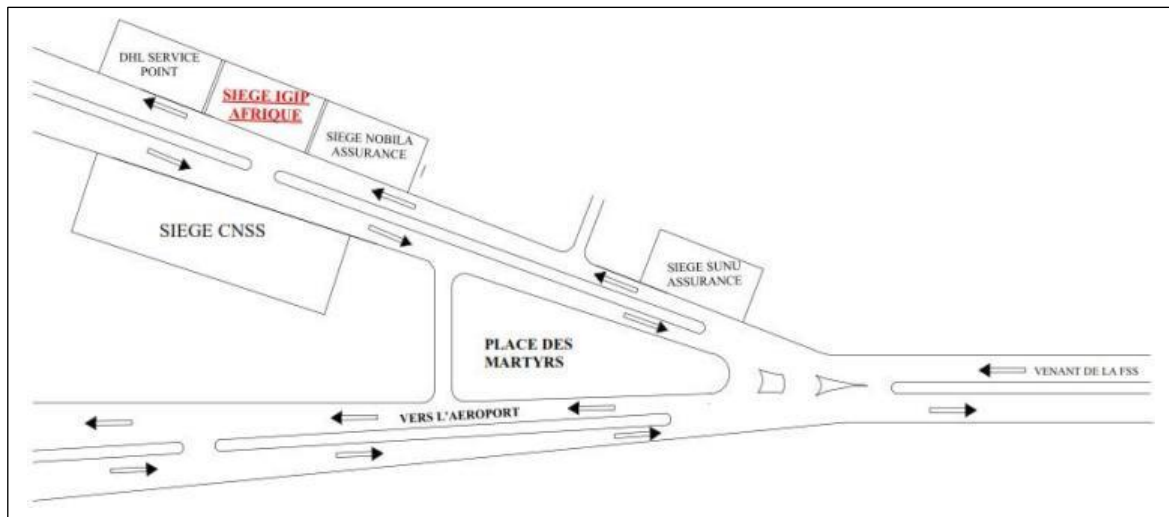
- Assistance au développement et à la gouvernance (Développement institutionnel, infrastructures urbaines, rurales, sociales, études sectorielles, programmes sanitaires urbains et ruraux, irrigation, électrification rurale, etc.).

Dans ces différents domaines, IGIP Afrique fournit les prestations suivantes :

- Plan directeur – Etude de faisabilité technico-économique ;
- Etudes techniques d'exécution ;
- Etudes socio-économiques ;
- Assistance à la passation des marchés ;
- Surveillance et contrôle des travaux ;
- Assistance technique ;
- Maîtrise d'œuvre ;
- Maîtrise d'ouvrage déléguée ;
- Formation – Etudes d'impact environnementale.

### **I.1.3. Situation géographique de IGIP Afrique**

Le bureau d'étude IGIP Afrique est situé dans la commune de Cotonou, plus précisément au quartier Cadjèhoun. Son siège se trouve juste en face du siège de la Caisse Nationale de Sécurité Sociale (CNSS) et à côté de DHL Cadjèhoun. La figure 1 donne de plus amples précisions sur sa situation géographique.

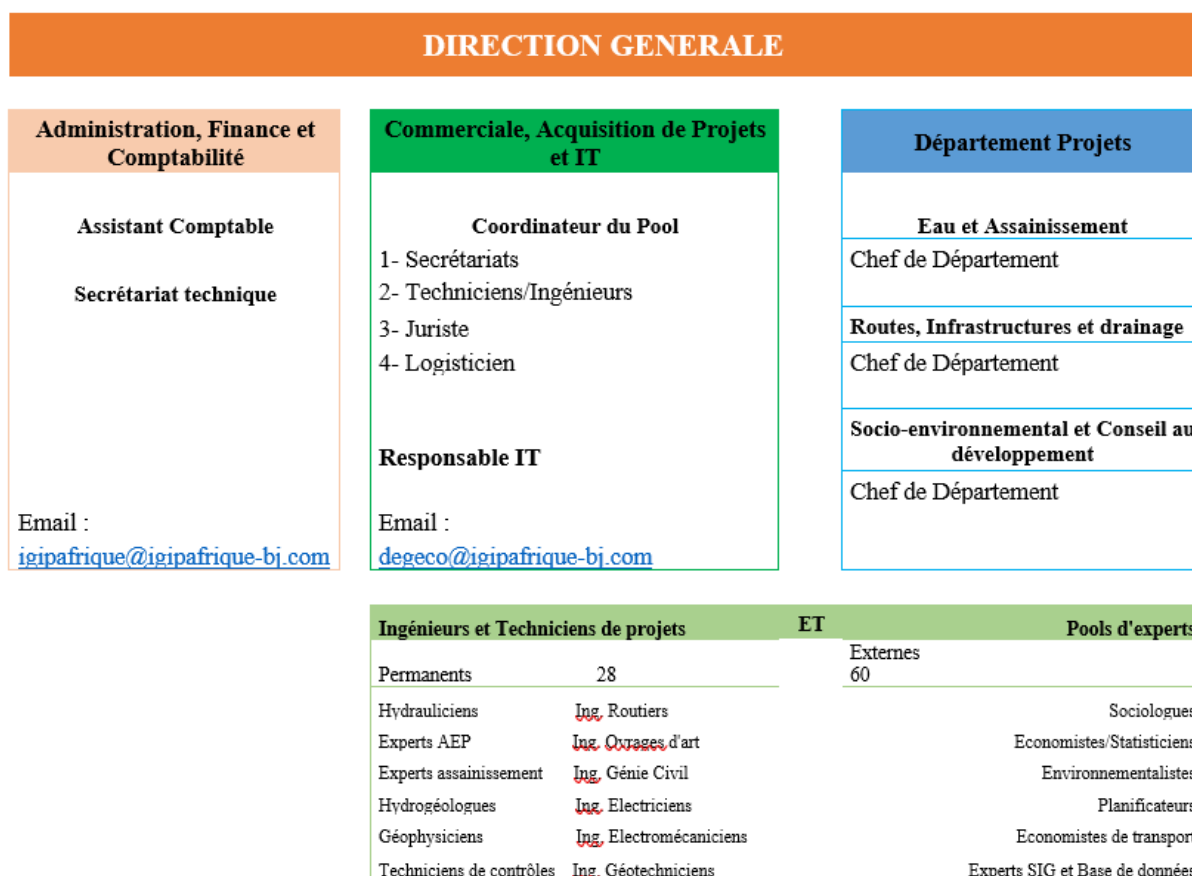


*Figure 1: Situation géographique d'IGIP Afrique (Bénin)*

*Source : IGIP Afrique*

La figure 2 donne un aperçu de l'organisation de IGIP-Afrique.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*



*Figure 2: Organigramme de IGIP Afrique (Bénin)*

*Source : IGIP Afrique*

### **I.2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE**

#### **I.2.1. Situation géographique**

Parakou est une commune et une grande ville au Nord de la République du Bénin, située entre les parallèles 9°15' et 9°27' de latitude Nord et les méridiens 2°30' et 2°46' de longitude Est. Chef-lieu du département du Borgou, elle est localisée à 435 km de Cotonou et couvre une superficie de 441Km<sup>2</sup>, représentant ainsi la plus petite commune du département. Elle est limitée au Nord par la commune de N'Dali, au Sud, à l'Est et à l'Ouest par la commune Tchaourou [5]. La figure 3 présente la commune de Parakou.

La commune de Parakou est subdivisée en trois (03) arrondissements et cinquante-huit (58) villages et quartiers de villes (RGPH 4)[3]. Elle abrite la plupart des directions départementales et les plus grandes infrastructures telles que l'aéroport de Tourou, l'OCBN, l'Université, ce qui fait d'elle la capitale régionale du Nord Bénin.

## Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040

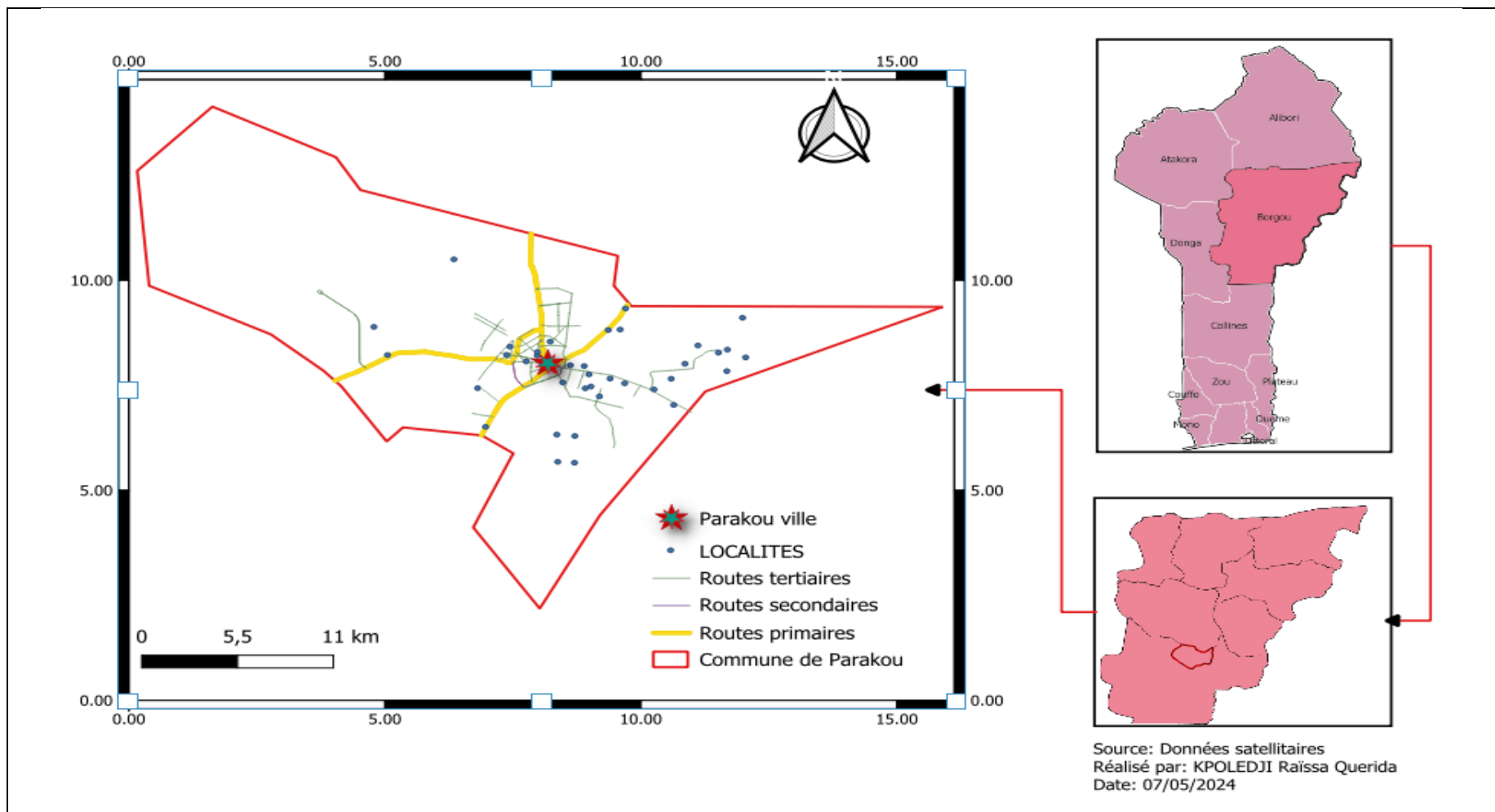


Figure 3: Présentation de la commune de Parakou

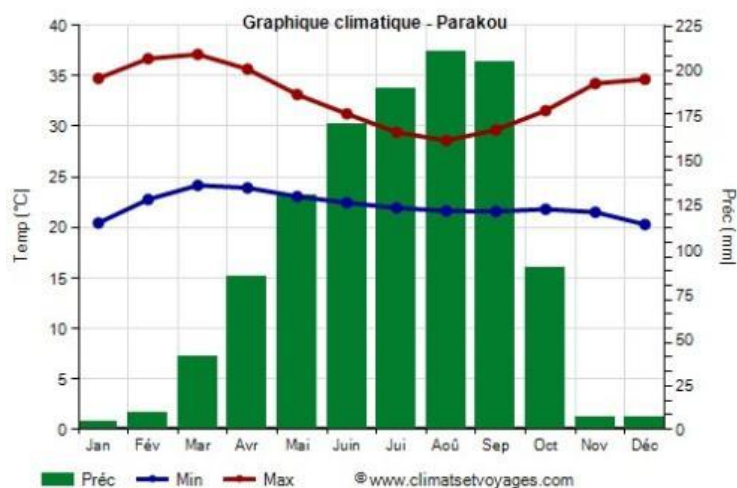
Source : KPOLEDJI Raïssa Querida

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### **I.2.2. Climat et pluviométrie**

La commune de Parakou est sujette à un climat tropical humide de type soudanien caractérisé annuellement par une succession de deux saisons : une saison sèche qui dure cinq mois, de mi-octobre à mi-avril et une saison pluvieuse qui s'étale sur le reste de l'année. Entre décembre et février, la saison sèche est marquée par l'harmattan (un vent froid et sec). Les précipitations (Préc) ont une hauteur moyenne annuelle de 1200 mm avec un maximum survenant entre juillet, août et septembre.

Les températures (Temp) varient suivant les saisons. Les périodes les plus chaudes sont habituellement les mois de mars et avril avec 35°C, tandis que les périodes les plus fraîches sont novembre, décembre et janvier où la température moyenne atteint 18°C. Les amplitudes thermiques journalières sont fortes surtout durant les mois d'harmattan.



*Figure 4: Diagramme ombrothermique de Parakou*

*Source: Climatsetvoyages.org, Data: 1991-2020*

### **I.2.3. Hydrographie**

La commune de Parakou présente un réseau hydrographique peu diversifié. Il est partagé par le bassin de l'Okpara et celui de Yéroumaro à l'intérieur desquels coulent des cours d'eau temporaires tels que Tiédaro, Sabin-Boura, Wessi, Kabouati, etc. L'Okpara est le seul cours d'eau permanent qui existe et est situé à environ à 12 Km à l'Est de la ville. Il est lui-même un affluent important du fleuve Ouémé. Les vallées, généralement très larges, ont un fond plat et constituent des espaces propices pour les activités de maraîchage et de pisciculture.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### **I.2.4. Géologie et hydrogéologie**

Parakou est implanté en zone de socle précambrien. Ses formations géologiques sont constituées essentiellement de roches cristallines et métamorphiques. Le sous-sol de la partie ouest du territoire se caractérise par les migmatites d'Agramarou et celui de la partie est par le complexe migmatitique de Nikki-Pèrèrè. De rares formations sédimentaires sont également identifiées au niveau des dépôts alluviaux bordant les rivières.

Les eaux souterraines se retrouvent piégées dans les fractures et les fissures de ces roches, créant un réseau d'aquifères discontinus. On retrouve également des aquifères dans les zones sédimentaires. La profondeur des nappes est variable, allant de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. La qualité de l'eau dépend en général de la profondeur de captage et l'on retrouve par endroit de fortes concentrations en fer et en manganèse. Cependant, les aquifères de Parakou n'offrent pas des débits très forts pour satisfaire les besoins, surtout en zone urbaine et la recherche de nappes profondes pérennes implique des moyens financiers considérables[6].

### **I.2.5. Relief, sols, végétation**

Le relief de la commune de Parakou est une pénéplaine. Cette pénéplaine correspond à une ancienne surface d'aplanissement dont l'altitude moyenne est d'environ 350 m. Elle présente un aspect vallonné où l'on observe une succession de croupes ayant généralement un sommet arrondi. Les pentes sont comprises entre 1,5% et 4%.

La région de Parakou se singularise sur le plan pédologique par la prédominance des sols à texture légère, d'épaisseur importante due à la faiblesse de l'érosion. La commune de Parakou a trois types de sols à savoir les sols ferrugineux à sesquioxydes de fer et de manganèse qui occupent 72% de la superficie de la commune, les sols ferralitiques qui occupent 20% de la superficie de la commune et les sols hydromorphes minéraux ou peu humifères qui occupent 8% de la superficie de la commune.

Le couvert végétal actuel à Parakou est la résultante aussi bien des aptitudes pédologiques, des variations climatiques que des emprises anthropiques. Ainsi, la végétation est dominée par la savane avec toutes ses variantes : savane boisée, savane arborée, savane arbustive. La végétation de savane arborée est dominante et caractérisée par la présence du néré (*Parkia biglobosa*), du faux acajou (*Blighia sapinda*), de bois d'ébène (*Diospyros mespilifounis*), de karité (*Butyrosperum paradoxum*). Les bas-fonds sont des prairies marécageuses de savane, des buissons de bambous (*Bambusa arundinacca*). Les talwegs sont parcourus par un chapelet

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

de mares reliées entre elles par un filet d'eau qui grossit après les tornades. Les jachères sont envahies par des graminées et les arbustes assez divers.

### **I.2.6. Situation démographique**

La population de la commune de Parakou est inégalement répartie dans les trois arrondissements. Selon le quatrième recensement général de la population et de l'habitation, le premier arrondissement vient en tête avec une population de 114 558 habitants suivi du deuxième avec une population de 71 121 habitants. Le troisième arrondissement vient en dernière position avec une population de 69 799 habitants soit une population totale de 255 478 pour toute la ville [3].

### **I.2.7. Aspects socio-économiques**

Ville cosmopolite, Parakou a toujours été influencée, dans sa dynamique de population par les migrations, aussi bien internes qu'externes. Les migrants sont fortement concentrés dans le premier arrondissement pour un taux de 45% contre 29% dans le troisième arrondissement et 26% dans le deuxième arrondissement.

On y retrouve plusieurs groupes sociolinguistiques. Les ethnies dominantes sont : Bariba et apparentés, Fon et apparentés, Yoruba et apparentés, Dendi et apparentés. Les Otamaris, les Yoas, les Lokpas, les Peulhs, les Adjas et leurs apparentés constituent avec les ethnies étrangères les groupes minoritaires de la commune ».

Parakou constitue un pôle d'attraction au regard de son statut, de sa position géographique et des opportunités que la ville offre au plan économique. La ville abrite de nombreux marchés dont celui de Arzèkè qui est hissé au rang de marché international. Les populations s'adonnent essentiellement aux activités telles que le commerce, les travaux de chantier, les activités champêtres...

### **I.2.8. Situation d'alimentation en eau potable**

Dans la commune de Parakou, seule l'eau de consommation fait l'objet de réalisation d'ouvrages hydrauliques. En effet, les populations ont recours aux eaux pluviales pour les activités telles que l'agriculture, l'élevage, le jardinage, la pisciculture.... L'approvisionnement en eau potable s'articule autour de 3 secteurs :

- En milieu urbain, l'eau potable est fournie par la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) qui exploite l'eau du barrage de l'Okpara ;

*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

---

- En zone rurale, les populations s'approvisionnent en eau potable par l'exploitation des eaux souterraines au moyen de captage par puits et forages équipés de pompes à motricité humaine ;
- À côté des deux premiers systèmes dont l'accès nécessite des moyens financiers, une partie de la population aussi bien urbaine que rurale se procure de l'eau directement au marigot ou dans des puits artisanaux.

# *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

## **II. PRESENTATION DU PROJET**

### **II.1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION**

Parakou est l'une des quatre communes à statut particulier au Bénin dont la population est estimée à 255 478 habitants, selon le RGPH4 de 2013. Elle s'étend sur une superficie de 470,7 km<sup>2</sup>.

La commune connaît un fort accroissement démographique puisque sa population est passée de 103 577 habitants en 1992 à 149 819 en 2002 [3] et 255 478 habitants en 2013. Sa population est estimée à 422 527 habitants en 2024, avec une urbanisation qui s'étend sur toute la superficie de la commune. Néanmoins, on y distingue encore quelques poches périphériques non occupées.

Le système actuel d'AEP de la ville de Parakou a été mis en service en 1975. A partir de 2009, le mauvais état du barrage de l'Okpara, seule source d'approvisionnement en eau potable de la ville, l'insuffisance de la ressource à couvrir les besoins en eau des populations due au vieillissement des installations en place et l'accroissement galopant de la population poussera la SONEB à initier une étude pour la réhabilitation complète du système d'AEP de Parakou. Cette étude servira de base à plusieurs autres qui permettront la réhabilitation du barrage de l'Okpara à partir de 2012. La plus grande et dernière intervention consistante sur le système d'AEP de la ville de Parakou date de 2018 à 2019 et a consisté au renforcement des installations de production d'eau traitée, des ouvrages de stockage, de transport et de distribution d'eau dans la ville.

Quand bien même ce projet aurait impacté le noyau urbain et les zones périphériques, le service de la SONEB est toujours demandé par une bonne partie de la population. Un projet de densification et d'extension du réseau de distribution prévoyant le raccordement de plus de 380km de conduites est initié et en cours d'exécution.

On pourrait alors se demander si le problème de la desserte en eau potable de la ville de Parakou, après toutes les mesures prises est définitivement réglé, ou si des efforts restent encore à fournir. Il s'agira ici de présenter la situation de la disponibilité d'eau potable pour la ville de Parakou à travers les installations de la SONEB et de faire une analyse de la capacité de production de ces installations à l'horizon 2040.



## *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

---

### **II.2. OBJECTIFS DE L’ÉTUDE**

L’objectif global de cette étude est de contribuer à l’amélioration de la desserte en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à travers l’analyse de la desserte en eau du système d’Approvisionnement en Eau Potable (AEP) de la ville de Parakou à l’horizon 2040.

Les objectifs spécifiques se déclinent comme suit :

- Faire le diagnostic du système d’approvisionnement en eau potable existant de la ville de Parakou et projeter son fonctionnement à l’horizon 2040 ;
- Dimensionner les extensions et renforcements nécessaires pour le système d’AEP de la ville de Parakou à l’horizon 2040.

### **II.3. RÉSULTATS ATTENDUS**

- Le diagnostic du système d’approvisionnement en eau potable existant de la ville de Parakou est fait et son fonctionnement à l’horizon 2040 est projeté ;
- Les extensions et renforcements nécessaires pour le système d’AEP de la ville de Parakou à l’horizon 2040 sont dimensionnés.

### **III. MATERIELS ET METHODES**

La réussite d'un travail scientifique commence par la bonne appréhension de la thématique abordée, l'adoption de la démarche méthodologique adaptée et l'utilisation du matériel adéquat.

#### **III.1. RECHERCHE DOCUMENTAIRE ET VISITE DE TERRAIN**

Pour mener à bien la présente étude, nous nous sommes au premier abord tourné vers la documentation académique constituée de nos cours théoriques relatifs au système d'approvisionnement en eau potable, des mémoires et thèses de nos devanciers abordant des thématiques similaires et des articles scientifiques. En second lieu, nous nous sommes intéressés à la zone concernée par notre étude à travers les documents tels que la monographie et le plan de développement de la ville. Pour finir, nous avons recueilli les informations techniques relatives au système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou grâce aux divers relevés de la SONEB.

Une visite sur site a également été effectuée sur les différents ouvrages du système d'approvisionnement afin de constater leur état et de mieux comprendre leur fonctionnement.

#### **III.2. MATÉRIELS UTILISÉS**

Divers logiciels nous ont été utiles pour le traitement des données à notre disposition. Il s'agit entre autres des logiciels :

- Qgis pour la réalisation de nos cartes ;
- Autocad et Google Earth pour la présentation du réseau existant sur le terrain et l'identification des zones d'extension ;
- Excel pour la mise au point de nos notes de calcul ;
- Word pour la rédaction de notre document.

#### **III.3. MÉTHODOLOGIE**

Dans cette partie de notre travail, nous exposerons, de façon claire et succincte la démarche mise en œuvre pour atteindre les objectifs mentionnés précédemment.

### **III.3.1. Diagnostic du système d’approvisionnement en eau potable existant de la ville de Parakou et projection de son fonctionnement à l’horizon 2040**

#### III.3.1.1. Diagnostic du système d’AEP existant de la ville de Parakou

La présentation du système d’AEP existant consiste à parcourir le réseau depuis le pompage à l’Okpara jusqu’à la distribution en passant par le traitement à l’usine de Banikani et le stockage de l’eau à la station de 2kilos. A cette fin, nous avons effectué une descente sur les sites afin de répertorier les différents ouvrages hydrauliques et équipements existants ainsi que leur capacité et leurs caractéristiques.

#### III.3.1.2. Evaluation des besoins en eau de la population à l’horizon 2040

L’estimation des besoins en eau passe par la connaissance de l’effectif de la population à desservir, de la consommation spécifique de chaque individu ainsi que des autres besoins à satisfaire dans la ville.

- Estimation de la population à l’horizon du projet
  - *Taux d’accroissement de la population de la ville de Parakou*

Le taux d’accroissement de la population est un paramètre qui nous permet d’appréhender l’évolution de la population dans le temps. Le quatrième recensement RGPH4 indique un taux d’accroissement de 4.68% pour le département du Borgou. Parakou étant une ville de ce département, nous utiliserons cette valeur du taux d’accroissement pour notre travail.

- *Population à l’horizon*

D’après le RGPH4, la population de la ville de Parakou s’élève à 255 478 habitants en 2013. Il est alors aisé de déterminer la population à l’horizon du projet en appliquant la formule de Thomas Malthus.

$$P_n = P_i \times (1 + \tau)^{n-i} \quad (1)$$

Avec

$\tau$ : Le taux d’accroissement de la population (%);

$P_n$ : La population à l’année finale (hbt);

$P_i$ : La population à l’année initiale (hbt) ;

$i$ : L’année initiale (an);

$n$ : L’année finale (an).

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

En matière d'approvisionnement en eau potable, Parakou est subdivisée en deux zones de distribution à savoir la zone haute et la zone basse. La zone haute, plus peuplée rassemble un effectif de 167 423 habitants contre 88 055 habitants pour la zone basse.

### ➤ Estimation de la consommation spécifique

La consommation spécifique représente la quantité d'eau (en litres) utilisée par un habitant en une journée[7]. Elle permet la satisfaction des besoins vitaux ainsi que ceux liés au niveau de vie et aux habitudes culturelles. Elle est influencée par quatre facteurs essentiels à savoir les conditions socio-économiques des usagers, le développement urbain, les sources d'approvisionnement existantes et la tarification [8]. Sur la base du volume d'eau produit annuellement fourni par les relevés de la SONEB, nous pouvons déterminer la consommation spécifique en une année par la formule 2 :

$$C_s = \frac{V_{v/an} \times 1000}{365 \times Pd} \quad (2)$$

Avec :

$C_s$ : Consommation spécifique (l/hbt/j) ;

$V_{v/an}$ : Volume d'eau vendu par an ( $m^3$ ) ;

$Pd$ : Population desservie par an (hbt).

Disposant des relevés de la SONEB relatifs au nombre d'abonnés facturés en 2023, nous pouvons déterminer la population desservie à l'aide de l'expression 3 :

$$Pd = N_{ab} \times N_{mén/ab} \times N_{hab/mén} \quad (3)$$

Avec :

$N_{ab}$  : Nombre total d'abonnement ;

$N_{mén/ab}$  : Nombre de ménage par abonnement ;

$N_{hab/mén}$  : Le nombre d'habitants par ménage.

Nous avons supposé un ratio de 1,5 ménages par abonnement. Ce choix se justifie par le fait que dans la ville de Parakou, des ménages habitant une cour commune peuvent s'associer pour prendre un compteur d'eau. Le nombre moyen d'habitants par ménage quant à lui nous a été fourni par le RGPH4 et s'élève à 5,5 habitants.

Les relevés de la SONEB tout au long de l'année 2023 indiquent un volume vendu de 3 263 077  $m^3$  d'eau pour un effectif d'abonnement s'élevant à 31 196 [9]. En appliquant les formules

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

précédentes, nous trouvons une consommation spécifique de 34,7l/hbt en 2023. Sachant que la consommation spécifique n'est pas statique, nous fixons sa valeur à 60l/hbt à l'horizon du projet. En supposant une évolution linéaire de la consommation spécifique entre 2023 et 2040, nous obtenons les valeurs consignées dans le tableau 1 pour des horizons intermédiaires.

*Tableau 1: Evolution de la consommation spécifique*

<b>Horizons</b>	<b>2024</b>	<b>2028</b>	<b>2032</b>	<b>2036</b>	<b>2040</b>
<b>Consommation spécifique</b>	36	42	48	54	60

*Source : KPOLEDJI Raïssa Querida*

### ➤ Estimation du taux de desserte

Le taux de desserte est un paramètre qui indique en pourcentage la population connectée au réseau. Actuellement toute la population de la ville de Parakou n'est pas encore desservie par la SONEB. Cela peut s'expliquer par des raisons techniques telles que la limitation du réseau de distribution, des raisons économiques ou des raisons d'ordre social. Le taux de desserte est obtenu par la formule 4 :

$$\tau_d = \frac{Pd}{P} \times 100 \quad (4)$$

Avec :

$\tau_d$ : Taux de desserte annuel (%).

Pour s'aligner sur la vision du gouvernement, nous fixerons un taux de desserte de 100% à l'horizon 2040 [10]. Ce taux connaîtra donc une évolution de 63% en 2023 à 100% en 2040. En supposant cette évolution croissante dans le temps, le tableau 2 donne un aperçu des valeurs projetées pour divers horizons.

*Tableau 2: Evolution du taux de desserte*

<b>Année</b>	<b>2024</b>	<b>2028</b>	<b>2032</b>	<b>2036</b>	<b>2040</b>
<b>Taux de desserte</b>	64%	73%	82%	91%	100%

*Source : KPOLEDJI Raïssa Querida*

### ➤ Estimation des besoins annexes

Les besoins annexes concernent la demande sociale ainsi que celle liée aux activités économiques et industrielles. La demande sociale englobe la consommation au niveau des écoles, des hôpitaux, des administrations, des marchés.... Sur le plan industriel, la ville de

## *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

Parakou ne dispose pas de grandes industries consommatrices d’eau. En ce qui concerne la demande pour les activités économiques, tel que mentionné plus haut, les populations ont recours à des sources d’eau alternatives.

Etant donné que la SONEB ne fait pas de différence particulière entre les divers types de demande, pour notre projection, nous estimons l’ensemble des besoins annexes à 5% des besoins domestiques.

La demande journalière totale de la ville de Parakou, est alors obtenue par la formule 5 :

$$D_{JT} = 1.05 \times (C_s \times P \times \tau_d) \quad (5)$$

Avec :

$D_{JT}$ : La demande journalière totale ( $m^3/j$ )

- Estimation des variations de la demande en eau

La demande en eau est un élément qui a un caractère très variable dans le temps. Elle varie en fonction des saisons, des jours et même des heures de la journée. Ces variations peuvent être appréhendées par les coefficients de pointe saisonnière et horaire.

- *Le coefficient de pointe saisonnière*

Les variations saisonnières ont un impact important sur la demande en eau globale. De ce fait, leur prise en compte permet d’estimer de façon plus réaliste les volumes d’eau à mobiliser de la source et d’effectuer un meilleur dimensionnement du système d’adduction [11]. Le coefficient de pointe saisonnière est le rapport de la consommation journalière moyenne de la période de pointe et de la consommation journalière moyenne calculée sur toute une année. Il est obtenu par la formule 6 :

$$C_{ps} = \frac{D_{jmp}}{D_{jm}} \quad (6)$$

Avec :

$C_{ps}$ : Coefficient de pointe saisonnière ;

$D_{jmp}$ : Demande journalière du mois de pointe ( $m^3/j$ );

$D_{jm}$ : Demande journalière moyenne annuelle ( $m^3/j$ ).

Nous nous sommes servi des informations à notre disposition pour déterminer les valeurs des variations mensuelles de la demande en eau tout au long de l’année 2023 à partir des formules 7, 8 et 9 (Annexe 2).

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

Demande journalière mensuelle ( $m^3$ )	$D_j = Prod\ mens/Nj$	(7)
Demande journalière moyenne annuelle ( $m^3$ )	$D_{jm} = \sum D_j/Nm$	(8)
Demande journalière mensuelle de pointe ( $m^3$ )	$D_{jmp} = max(D_j)$	(9)

Avec  $Nj$  le nombre de jours par mois et  $Nm$  le nombre de mois par an.

Il en ressort que les plus grandes variations saisonnières de la consommation en eau ont été observées en Février et en Novembre. Le coefficient de pointe saisonnière est donc de 1,1.

- *Coefficient de pointe horaire*

Le coefficient de pointe horaire exprime la pointe de la consommation au cours de la journée. Il est plus élevé en milieu rural qu'en milieu urbain où les variations sont absorbées du fait des activités diversifiées et de la présence d'industries. Il est utilisé pour le dimensionnement du réseau de distribution. Le coefficient de pointe horaire peut être estimé par la formule 10 dite du génie rural :

$$C_{ph} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{mh}}} \quad (10)$$

Avec :

$C_{ph}$ : Coefficient de pointe horaire ;

$Q_{mh}$ : Débit moyen horaire du jour de pointe en ( $m^3/h$ ).;

Par le calcul, le coefficient de pointe horaire de la ville de Parakou est d'une valeur de 1,55.

- Estimation de la demande journalière de pointe

La demande journalière de pointe est celle enregistrée au jour de plus forte demande.

$$D_{jp} = D_{JT} \times C_{ps} \quad (11)$$

### III.3.2.1. Détermination des débits de dimensionnement

- Les pertes d'eau

Il y a deux types de perte d'eau sur un réseau à savoir les pertes techniques durant le traitement et sur le réseau de distribution, et les pertes commerciales dues à l'eau consommée et non facturée. Nous nous intéresserons uniquement aux pertes techniques dans le présent travail.

Les pertes de traitement sont plus importantes au niveau des stations de traitement d'eau de surface où on note les pertes d'eau avec les boues de décantation, les pertes d'eau dues au

## *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

lavage des filtres et décanteurs ainsi que les fuites obligatoires des pompes de refoulement. Les pertes d’eau admissibles sont de l’ordre de 4 à 5%, soit un rendement minimal de 95% [12]. Les pertes de distribution quant à elles dépendent de la nature des conduites de distribution, de leur vétusté, de l’entretien et du renouvellement des branchements particuliers, de la surveillance et du délai d’intervention à l’occasion des fuites signalées [8]. Il est communément admis que les pertes au cours du transport et de la distribution de l’eau varient entre 10 et 20%. Actuellement, la SONEB enregistre des pertes de l’ordre de 32% soit un rendement de 68% [9] sur l’ensemble de son réseau d’AEP. Dans le présent document, nous estimons le rendement de traitement à 95% et celui de distribution à 80% soit un rendement global de 81%.

### ➤ Débit de production

Le débit de production est le volume d’eau total que les pompes doivent refouler par heure de pompage afin de couvrir les besoins journaliers de la population quelle que soit la période. C’est le débit qui transite de la source d’eau jusqu’à l’entrée de la station de traitement. De ce fait, ce débit tient compte des variations de la demande ainsi que du rendement sur l’ensemble du réseau. Nous choisissons par ailleurs d’effectuer la production sur toute la journée soit un temps de pompage de 24h.

### ➤ Débit d’eau traitée

Le débit d’eau traitée est le débit refoulé à la sortie de la station de traitement aux réservoirs de stockage [12]. Il tient donc compte des pertes enregistrées sur le réseau de distribution ainsi que du temps de fonctionnement des pompes d’eau traitée que nous fixons à 24h.

### ➤ Débit de pointe horaire

Il s’agit du débit à prévoir pour satisfaire la demande de la période de pointe au cours d’une journée. C’est le débit de dimensionnement du réseau de distribution. Le temps de distribution choisi est également de 24h.

Les différentes formules 12, 13, 14 ont été utilisées pour le calcul des débits.

Débit de production ( $m^3/h$ )	$Q_{prod} = \frac{D_{Jp}}{nt \times nd \times 24}$	(12)
---------------------------------	--	------

Débit d’eau traitée ( $m^3/h$ )	$Q_{ET} = \frac{D_{JT} \times C_{ps}}{nd \times 24}$	(13)
---------------------------------	--	------

Débit de distribution ( $m^3/h$ )	$Q_{dis} = \frac{D_{JT} \times C_{ps} \times C_{ph}}{nd \times 24}$	(14)
-----------------------------------	---	------

nt: Le rendement au niveau du traitement de l’eau ;



## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

nd: Le rendement sur le réseau de distribution.

### III.3.1.3. Méthodologie d'identification des points de faiblesse et propositions

#### III.3.1.3.1. Station de pompage

Nous retrouvons trois (03) stations de pompage sur le réseau d'AEP de Parakou à savoir la station de pompage de l'Okpara, la station de pompage de l'usine d'eau de Banikani et celle de la station de reprise de 2kilos. Dans les stations de pompages, nous vérifierons si les pompes et les conduites d'aspiration et de refoulement sont en mesure de supporter les débits à l'horizon 2040.

##### ➤ Vérification des débits

Connaissant les débits maximaux des stations de pompage actuelles, nous déterminerons les débits complémentaires à l'horizon du projet par la formule 15 :

$$Q' = Q - Q_p \quad (15)$$

Avec :

$Q$  : Le débit (de production ou d'eau traitée) en 2040 ( $m^3/h$ )

$Q'$ : Le débit complémentaire (de production ou d'eau traitée) ( $m^3/h$ );

$Q_p$  : Le débit total pompé ( $m^3/h$ ).

Les débits pompés au niveau des stations ont été obtenus par la multiplication du nombre de pompes en fonctionnement simultané par le débit maximal d'une pompe (cas de la station de l'okpara) ou par les relevés de la SONEB (cas des stations de l'usine de Banikani et de 2kilos).

##### ➤ Conduites d'aspiration et de refoulement

La conduite d'aspiration est celle qui conduit l'eau de l'Okpara au puits de pompage dans le cas de la station de l'Okpara ou d'un réservoir à la station de pompage dans le cas des autres sites. La conduite de refoulement quant à elle achemine la ressource de la station de pompage au réservoir de refoulement. Nous déterminerons la capacité de ces conduites à transiter le débit à l'horizon du projet tout en respectant les conditions de vitesses admises en adduction qui s'étalent idéalement sur une plage de 0,8m/s à 1,2m/s.

La formule 16 sera utilisée pour la vérification de la vitesse et la formule 17 pour le calcul des diamètres intérieurs :

$$V = \frac{4Q}{\pi D_{int}^2}; \quad (16) \quad D_{int} = DE - 2 \times e \quad (17)$$

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

Avec

$V$  : La vitesse dans la conduite (m/s) ;

$D_{int}$  : Le diamètre intérieur de la conduite (m) ; dans le cas des conduites en fonte le diamètre intérieur correspond au diamètre commercial, donc ce calcul n'est pas nécessaire ;

$DE$  : Le diamètre extérieur de la conduite (m) ;

$e$  : L'épaisseur de la conduite (m) ;

Les détails sur les diamètres des conduites se retrouvent à l'annexe 4.

### III.3.1.3.2. Usine de traitement d'eau potable de Banikani

Le diagnostic de l'usine d'eau revient à vérifier sa capacité à traiter le flux qu'elle recevra à l'horizon du projet. Il s'agit en d'autres termes d'évaluer la vitesse enregistrée dans la conduite d'amenée à l'horizon du projet, la capacité maximale des divers ouvrages, et d'estimer si nécessaire le surplus de ressource à traiter.

#### ➤ Conduite d'amenée d'eau brute

C'est la conduite qui conduit l'eau brute à l'intérieur de l'usine d'eau. Pour être efficace à l'horizon du projet, elle doit être en mesure de transiter le débit d'eau à une vitesse comprise dans la plage de vitesse d'adduction. En effet, des vitesses trop fortes pourraient perturber le traitement en aval.

#### ➤ Bassins de coagulation et floculation

Les bassins de coagulation et floculation sont conçus pour accueillir l'eau tout en assurant le temps de contact nécessaire pour la réaction avec le produit de traitement. Le temps de contact est un paramètre que nous ne pouvons modifier à notre gré car de lui dépend en partie la réussite du traitement.

Les temps de contact sont fixés par le laboratoire à 1.2 minutes dans le bassin de coagulation et à 14 minutes dans celui de floculation. Le volume obtenu est comparé au volume actuel du bassin afin de juger de la nécessité de prévoir un volume supplémentaire.

#### ➤ Décanteur lamellaire

L'efficacité de la décantation lamellaire repose sur la surface totale projetée (STP) de ses packs lamellaires. La STP nécessaire pour le flux à l'horizon 2040 est comparée à la STP actuelle pour déterminer la surface à compléter [13].

#### ➤ Vérification filtres

**Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040**

La capacité des filtres sera évaluée selon la surface de filtration qu’elles offrent. Connaissant le nombre de filtres ainsi que la vitesse de filtration qui est une donnée imposée par le mode de filtration choisi, nous définirons la surface de filtration nécessaire à l’horizon du projet que nous comparerons à la surface de filtration actuelle.

➤ Réservoir de désinfection

La désinfection s’effectue dans le réservoir de stockage d’eau traitée. Ce réservoir doit donc être en mesure de recevoir le flux d’eau traitée et d’assurer le temps de contact nécessaire. Ce dernier est de 30 minutes pour assurer une désinfection totale de l’eau. Nous effectuerons ensuite la comparaison entre le volume de réservoir nécessaire à la désinfection à l’horizon 2040 et le volume du réservoir d’eau traitée actuel.

Les formules 18, 19, 20 et 21 seront utilisées pour le diagnostic des ouvrages de l’usine.

Bassins de coagulation et floculation	$Vol_{2040} = Q_{prod} \times Tc$	(18)
Décanteur lamellaire	$STP = \frac{Q_{prod}}{V_a \times S_u}$	(19)
Filtres	$S_{f2040} = \frac{Q_{prod}}{V_f}$	(20)
Bassin de désinfection	$Vol_{2040} = Q_{prod} \times Tc$	(21)

Avec

$Vol_{2040}$  : Le volume de l’ouvrage nécessaire en 2040 ( $m^3/s$ ) ;

$Tc$  : Le temps de contact entre l’eau et le produit de traitement (s) ;

$V_a$  : La vitesse ascensionnelle ou vitesse de Hazen évaluée à 0,94m/s par le laboratoire ;

$S_u$  : La surface utile d’une lamelle du pack estimée à 13,75m<sup>2</sup> par le constructeur ;

$STP$  : La surface totale projetée ;

$S_{f2040}$  : La surface de filtration nécessaire en 2040 ;

$V_f$  : La vitesse de filtration fixée à 10m/h par le laboratoire.

### III.3.1.3.3. Réservoirs de stockage d’eau

Dans un système d’AEP, le stockage est l’accumulation d’une quantité plus ou moins importante d’eau en un point donné du réseau pour résoudre un problème. L’eau peut être stockée dans des réservoirs enterrés, semi-enterrés ou au sol ainsi que dans des réservoirs surélevés ou châteaux d’eau.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

Ces réservoirs doivent être en mesure de satisfaire les besoins de la population tout au long de la journée. Les réservoirs de la ville de Parakou sont dimensionnés selon la méthode analytique. Cette dernière consiste à calculer un volume de stockage qui permet de poursuivre l'alimentation de la population aux heures de déficit et de contenir les surplus d'eau aux heures de faible consommation. A l'aide du profil de consommation d'eau de la ville de Parakou présenté à l'annexe 3 et du débit d'eau traitée à l'horizon du projet, nous déterminerons les surplus et déficit à l'horizon 2040. Le volume de distribution nécessaire au niveau du réservoir sera calculé par la formule 22.

$$Vd = Smax + |Dmax| \quad (22)$$

Avec

$Vd$  : La réserve de distribution ;

$Smax$  : Le surplus maximal enregistré dans une journée ;

$Dmax$  : Le déficit maximal enregistré.

La stockage total actuel sera calculé à partir de la somme des volumes des réservoirs en fonction, puis nous ferons la différence avec le stockage en 2040 pour déterminer le volume de stockage à compléter. Nous ferons cet exercice aussi bien pour la ville de Parakou que pour les zones haute et basse.

### III.3.1.4. Réseau de distribution

Pour alimenter une population, il ne suffit pas de mobiliser la ressource, mais il faut également assurer sa distribution à travers un réseau de conduites qui s'étend sur toute l'étendue de la zone concernée. Nous ferons ressortir les zones déjà couvertes par le réseau actuellement ainsi que celles qui ne le sont pas encore.

A la suite des points de faiblesse répertoriés, nous ferons des propositions et dimensionnerons les extensions si cela s'avère nécessaire.

### **III.3.2. Méthodologie de dimensionnement des extensions et renforcements**

#### III.3.2.1. Station de pompage

##### ➤ Débit de pompage

Pour satisfaire la demande, s'il est nécessaire de compléter le débit refoulé, nous procéderons à un complément en nouvelles pompes. Le débit par pompe sera alors fixé pour qu'en

**Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040**

fonctionnement simultané, le débit maximal n’excède pas trop le débit complémentaire à fournir. Cela permettra de prendre en compte l’aspect économique.

➤ Nombre de pompe à compléter

Une fois le débit de pompage fixé, le nombre de pompes nécessaire est obtenu par la formule 23 :

$$N_p = \frac{Q'}{Q'_p} \quad (23)$$

Avec :

$N_p$ : le nombre de pompe à compléter;

$Q'_p$ : le débit de pompage des nouvelles pompes.

Notons que nous prévoyons également une pompe de secours pour éviter le fonctionnement en continu des pompes et assurer leur pérennité.

➤ Dimensionnement des conduites d’aspiration et de refoulement

Nous déterminerons les diamètres économiques par les formules empiriques de Bresse, Bresse modifié, Munier, Bonin, Achour et Badjaoui et EIER. Ensuite, les diamètres commerciaux seront choisis de sorte à ce que les diamètres intérieurs soient supérieurs aux diamètres théoriques. Nous calculerons également les vitesses réelles que nous vérifierons par la de GLS étant donné que nous travaillons avec des conduites de diamètre important [14]. Les formules 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 ont servi au dimensionnement des conduites.

Bresse	$Dth = 1.5 \times Q^{0.5}$	(24)
Bresse Modifié	$Dth = 0.8 \times Q^{1/3}$	(25)
Munier	$Dth = (1 + 0.2 \times h)Q^{0.5}$	(26)
Bonin	$Dth = Q^{0.5}$	(27)
Bedjaoui	$Dth = 1.27 \times Q^{0.5}$	(28)
EIER	$Dth = 0.997 \times Q^{0.45}$	(29)
Condition de GLS	$V \leq \left(\frac{D_{int}}{50}\right)^{0.25}$	(30)

Avec :

Q le débit dans la nouvelle conduite en m<sup>3</sup>/s et h le nombre d’heures de pompage par jour ;

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

Dc le diamètre commercial ;

Dint en mm.

- *Contraintes de vitesse et de pression*

L'expérience qui intègre les contraintes techniques et économiques recommande une limitation de la vitesse à l'intérieur de la conduite à 1,5 m/s. La limite inférieure est donnée par la vitesse d'auto curage qui dépend de la qualité de l'eau. Elle varie entre 0,2 et 0,3 m/s en fonction de la plus petite particule à éliminer par entraînement par la force tractive de l'eau. La vitesse d'écoulement dans les conduites d'adduction se situe idéalement entre 0,8 et 1,2 m/s [8].

Les limitations de pression sont données par deux paramètres. La pression minimale doit être supérieure à la pression atmosphérique, notamment aux points hauts. La pression maximale est limitée à la pression maximale indiquée par les fabricants de conduite. Le transport expose les conduites aux intempéries telles que l'ensoleillement, les variations de température. Il est recommandé d'appliquer un coefficient de sécurité de 0,70 à 0,80 à la pression nominale marquée des conduites en plastique (PVC, PEHD) dont les caractéristiques sont modifiées par l'ensoleillement et les variations de températures.

- Calcul des pertes de charge

Dans un réseau d'eau, nous distinguons les pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières. Les pertes de charge linéaires sont des pertes d'énergie dues aux frottements de l'eau contre les parois des conduites et les turbulences provoquées par ses effets. Elles peuvent être déterminées de diverses manières. Compte tenu des données dont nous disposons, nous effectuerons le calcul des pertes de charge par la formule de **Darcy Weisbach**.

Les pertes de charge singulières résultent des modifications brusques de l'écoulement au niveau des changements de section, élargissements, rétrécissements, changements de direction tels que coudes, tés, instruments de mesure : compteurs, venturis, appareils de contrôle tels que vannes, clapets.

N'ayant pas une idée claire de tous les éléments impliquant des pertes de charges singulières au niveau de la station, nous les estimerons alors à 10% des pertes de charges linéaires. Les formules utilisées sont récapitulées ci-dessous.

Perte de charge linéaire (m)	$\Delta h_l = \frac{8\lambda Q^2 L}{g\pi^2 D_{int}^5}$
------------------------------	--

(31)

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

Perte de charge totale (m)	$\Delta ht = 1.1 \times \frac{8\lambda Q^2 L}{g\pi^2 D_{int}^5}$	(32)
Nombre de Reynold	$Re = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_{int} \times v}$	(33)
Coefficient de perte de charge (m/m)	$\lambda = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{k}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$	(34)

Avec :

$Q$  : Le débit dans la conduite (m<sup>3</sup>/s)

$D_{int}$  : Le diamètre intérieur de la conduite en (m)

$g$  : Accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)

$k$  : coefficient de rugosité de la conduite en m

$v$  : viscosité cinématique de l'eau à 20°C égale à 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s

➤ *Calcul de la hauteur manométrique totale*

Elle représente la pression mesurée en mCE qu'une pompe devra imprimer à un volume de liquide pour assurer son transfert d'un point à un autre point géométriquement différent. Elle se calcule par la formule :

$$HMT = H_{géo} + \Delta h_{asp} + \Delta h_{ref} \quad (35)$$

Avec :

HMT: la hauteur manométrique totale (m);

Hgéo: la hauteur géométrique (m);

$\Delta h_{asp}$ : les pertes de charge totale à l'aspiration (m);

$\Delta h_{ref}$ : les pertes de charge totale au refoulement (m).

➤ *Choix des pompes*

Le choix des pompes se fait sur la base du débit de pompage et de la HMT en s'aidant des courbes caractéristiques fournies par le constructeur. Il y a sur le marché de nombreux constructeurs de pompes qui proposent un large éventail de produits. Nous nous sommes tournés vers les pompes KBS qui correspondent aux pompes actuellement en fonction dans les stations de pompage et avons utilisé le logiciel en ligne EASY SELECT pour opérer le choix

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

de notre pompe. L'usage d'un logiciel de sélection permet d'avoir des informations plus précises sur les caractéristiques de la pompe. Nous déterminerons également le point de fonctionnement de l'association des pompes choisies et jugerons de leur rendement sur le réseau.

### ➤ Etude du coup de bélier

Le coup de bélier est un phénomène transitoire provoqué par la mise en marche ou l'arrêt d'une pompe, la fermeture brutale ou l'ouverture brutale brusque d'une vanne, le prélèvement instantané d'un débit important. Il est à l'origine de variations importantes de la pression qui peuvent être soit supérieure à la pression nominale de la conduite, soit inférieure à la pression atmosphérique et peut avoir des conséquences désastreuses sur la conduite (rupture, éclatement, écrasement...). Ce phénomène ne peut pas être supprimé, mais peut être contrôlé afin qu'il reste dans les limites de prise en charge par les installations.

La formule de **Joukovski-Allievi** nous permet d'évaluer la variation de pression due au coup de bélier :

$$\Delta P = C \times \frac{V}{g} \quad (36)$$

Avec

$C$  : célérité (m/s) ;

$V$  : vitesse de l'eau dans le tuyau (m/s) ;

$g$  : accélération de la pesanteur égale à 9,81 [m/s<sup>2</sup>].

La célérité ou vitesse de propagation de l'eau quant à elle peut être obtenue par la formule 37 :

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D_{int}}{e}}} \quad (37)$$

Avec

$D$  : le diamètre intérieur de la conduite en m

$e$  : épaisseur de la conduite

$k$  : coefficient dépendant de la nature du matériau (33 pour le plastique)

L'évaluation de l'importance du coup de bélier repose sur la connaissance de la HMT de la pompe et de la surpression ou dépression engendrée. Un coup de bélier est jugé préjudiciable



## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

lorsque la somme de de la HMT de la pompe et la surpression ou dépression est respectivement supérieure à la pression maximale admissible dans la conduite ou inférieure à la pression atmosphérique. Ces conditions se traduisent mathématiquement par les formules 39 et 40 :

$$\text{Surpression } HMT + \Delta P \geq PMA \approx 1.2 \times PN \quad (38)$$

$$\text{Dépression } HMT - \Delta P < P_{atm} \approx 10.33mCE \quad (39)$$

Le coup de bélier est très important lorsque la pression totale de l'onde de choc  $\Delta P$  atteint 150% de la valeur de la pression nominale de la canalisation. Il est indispensable de limiter cette pression à une valeur de 110 ou 115% de la pression nominale en changeant la classe de la conduite ou en adoptant des moyens de protection anti-bélier.

Nous avons fixé comme hypothèse de départ une pression de 16 bars dans les conduites de refoulement.

### ➤ Vérification de la cavitation

La cavitation est un phénomène qui se produit dans une pompe lorsque la pression de vapeur du liquide à l'entrée de la pompe tombe en dessous de la pression de vapeur saturante, provoquant la formation de bulles de vapeur. Ce phénomène est préjudiciable pour la pompe et conduit à sa détérioration rapide.

De façon technique, pour éviter ce phénomène, il faut que le NPSH disponible soit supérieure à celui requis. Le NPSH désigne le Net Pressure Suction Head soit la hauteur de charge nette absolue à l'aspiration. Il correspond à la charge hydraulique absolue diminuée de la tension de vapeur saturante du fluide. Il se mesure en mètre. Le NPSH disponible est celui qu'on a à l'entrée de la pompe et le NPSH requis est donné par le constructeur de la pompe.

$$NPSHd = P_{atm} - 0.0012 \times Z - Ha - \Delta ha - Pv - \frac{V^2}{2g} \quad (40)$$

Avec :

$P_{atm}$  : la pression atmosphérique à l'altitude 0 en m

$Z$  : la côte du plan d'eau en m

$Ha$  : la Hauteur géométrique d'aspiration en m

$\Delta ha$  : la perte de charge à l'aspiration en m

$Pv$  : la pression de vapeur saturante en m

$V$  : la vitesse dans la conduite d'aspiration en m/s

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

$g$  : l'accélération de la pesanteur en  $m/s^2$

La condition de non cavitation revient à l'équation 41 :

$$NPSH_d > NPSH_r + 0.5 \quad (41)$$

Nous vérifierons le phénomène de cavitation au niveau des pompes horizontales de surface pour lesquelles le risque est plus élevé.

### III.3.2.2. Usine de traitement d'eau

Dans le présent travail, nous ne ferons pas un dimensionnement de chacun des ouvrages, mais nous donnerons de façon globale les capacités des extensions à effectuer ainsi que le débit de dimensionnement supplémentaire à prévoir en 2040.

### III.3.2.3. Stockage

Le choix de compléter des réservoirs de stockage sera guidé par l'existence d'un manque en volume à combler à l'horizon du projet. Selon le volume de distribution, nous fixerons les volumes des réservoirs à compléter. A ces volumes s'ajoutera la réserve d'incendie que nous fixons à 60m<sup>3</sup>/h pour chacune des zones.

### III.3.2.4. Réseau de distribution

Notre travail sur le réseau de distribution consistera à déterminer les zones potentielles d'extension du réseau.

# *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

## **IV. RESULTATS**

### **IV.1. DIAGNOSTIC DU SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE EXISTANT DE LA VILLE DE PARAKOU ET PROJECTION DE SON FONCTIONNEMENT À L'HORIZON 2040**

#### **IV.1.1. Diagnostic du système d'alimentation en eau potable existant de la ville de Parakou**

Le système actuel d'Alimentation en Eau Potable (AEP) de la ville de Parakou a été mis en service en 1975. Plusieurs modifications y ont été effectuées. Les dernières, datant de 2019 visaient à renforcer l'adduction à l'horizon 2028.

##### **IV.1.1.1. Station de l'Okpara**

La ville de Parakou est alimentée en eau potable par le fleuve Okpara qui est un bras de l'Ouémé, cours d'eau principal du Bénin. Un barrage a été construit sur ce fleuve en 1969/1970 à environ 12,5 km à l'est de la ville de Parakou plus précisément entre les villages de Kpassa et Kika dans le but de l'irrigation. Réalisé en terre latéritique homogène, la digue du barrage présente les dimensions suivantes :

- Longueur : 480m ;
- Largeur : 16m ;
- Hauteur : 10m ;
- Pente des talus : 1/3 (amont) ; 1/2,5 (aval).



*Photo 2: Retenue d'eau de l'Okpara*



*Photo 3: Barrage de l'Okpara*

Le barrage est doté de trois déversoirs à savoir : un déversoir central (principal) muni de quatre (04) vannes murales, un déversoir sud et un déversoir nord. Il est positionné sur un bassin versant d'une superficie estimée à 2 070 km<sup>2</sup>. La retenue elle-même couvre une surface de 190ha sur une longueur de 15km avec un volume estimé à 8.200.000m<sup>3</sup> par Royal Haskoning DHV.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

En dehors du barrage, le site est constitué d'une tour de prise et d'une salle de préparation des produits de prétraitement.

La tour de prise est située en bordure de la retenue. Elle est équipée de quatre (04) pompes de surface à axe vertical dont trois au plus en fonctionnent simultanément. Les pompes refoulent un débit de 600 m<sup>3</sup>/h chacune soit un débit total de production de 1800m<sup>3</sup>/h avec une hauteur manométrique de 85m. Ce débit permet d'alimenter actuellement une population d'environ 271 381 habitants. L'aspiration de l'eau de la retenue est assurée par une conduite PEHD de 800mm de diamètre et de 40m de longueur qui collecte l'eau dans un puits de captage de 20 m<sup>3</sup> en dessous de la tour de prise. Un local conjoint équipé d'une armoire de commande permet d'effectuer divers réglages sur les pompes. Un compresseur envoie de l'air sous pression sur la conduite d'aspiration afin d'éviter son colmatage. Les pompes aspirent l'eau du réservoir et la refoulent à l'usine d'eau de Banikani à travers une conduite en PEHD de diamètre 710mm. Un ballon anti bélier de 20 m<sup>3</sup> de capacité orienté verticalement est disposé sur la conduite de refoulement afin d'éviter le phénomène de coup de bélier.

La salle de prétraitement s'occupe d'effectuer une préchloration de la ressource avant son départ de la station. Le produit utilisé est l'hypochlorite de calcium. La solution est préparée dans un bac de 6000 m<sup>3</sup> selon les instructions du laboratoire d'eau et est injectée sur la conduite de refoulement grâce à une pompe doseuse avant son départ pour l'usine d'eau.

La station de l'Okpara est alimentée en énergie électrique par un groupe électrogène de marque KOHLER SDMO, de puissance 330 kVA, et fonctionne 24h/24.



*Photo 4: Pompes de l'Okpara*



*Photo 5: Tour de prise*

### IV.1.1.2. Usine d'eau de Banikani

L'usine d'eau de Banikani reçoit l'eau de l'Okpara pour son traitement. L'eau est acheminée par une conduite PEHD DE 710mm. L'usine est constituée d'une chambre des vannes, d'un

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

bassin de coagulation qui alimente deux unités de traitement constituées chacune d'un bassin de floculation, d'un bassin de décantation lamellaire et de filtres. On y note également la présence d'une salle de télégestion, des salles de préparation des produits de traitement, d'un réservoir de stockage d'eau traitée et d'une station de pompage d'eau traitée.

### ➤ Chambre des vannes

L'eau entre dans l'usine de traitement d'eau par une conduite PEHD 710mm et transite par l'ouvrage d'entrée qui est une chambre de vannes d'isolement et de régulation. Elle comprend les éléments suivants :

- une vanne papillon d'isolement DN700 PN10 manuelle.
- une vanne papillon de régulation DN700 PN10 motorisée.
- un débitmètre électromagnétique DN 600 PN10.
- une vanne à boule DN50 qui permet la prise d'échantillon et l'alimentation en eau brute.
- un turbidimètre – pH-mètre – conductimètre – oxymètre.

La chambre d'entrée est suivie d'une section en PEHD DE 710mm pour permettre l'injection des réactifs et leur mélange par un mélangeur statique en ligne.

### ➤ Coagulation et floculation

La coagulation-floculation constitue l'étape la plus importante du traitement car elle conditionne la réussite de la décantation. En effet, mieux les floccs préparés au cours de la floculation sont développés, lourds et de taille importante, plus la décantation est facile.

La coagulation consiste à créer une agitation très importante de façon à ce que les particules colloïdales présentes dans l'eau (particules négatives) rencontrent les particules positives via une bonne dispersion du coagulant. Le coagulant utilisé est le sulfate d'alumine.

Le bassin de coagulation est un réservoir de la forme d'un parallélépipède rectangle de dimensions 2.5 m x 3.75 m et 4.3 m de hauteur d'eau avec un temps de contact de 1.2 minutes. Il est équipé d'un mélangeur vertical à hélice et est commun aux deux bassins de floculation et aux deux décanteurs lamellaires. Deux vannes installées à la sortie du coagulateur permettent de mettre un flocculateur - décanteur hors service pour inspection ou entretien. Un système permet également la recirculation des eaux de lavage des filtres dans le bassin de coagulation. Cette technique présente les avantages suivants :

- Une économie de produits chimiques par une diminution des taux moyens de dosage en sulfate d'aluminium et en polymère ;

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

- Une amélioration du processus de floculation permettant ainsi une diminution du temps de floculation classique ;
- Une amélioration du processus de décantation en produisant des floccs plus denses et donc des vitesses de passage plus importantes ;
- Une amélioration du processus d'épaississement des boues ;
- Une diminution du coût d'investissement.

Le but de la floculation qui suit la coagulation est la formation et la maturation des floccs. Un polymère pourra être injecté à l'entrée de ce bassin. Le polymère est constitué de longues molécules qui vont rencontrer les différents agrégats formés lors de l'étape précédente et les lier entre eux pour former des floccs.

La filière est constituée de deux bassins de floculation identiques. Chaque bassin est un réservoir de forme carré de dimensions 7.2 m x 7.2 m et 4.3 m de hauteur d'eau équipé d'un mélangeur lent vertical à grande hélice. La vitesse du mélangeur est assez faible pour permettre la formation des floccs ainsi que le maintien des particules en suspension. Le temps de contact dans le bassin de floculation est d'environ 14 minutes.

### ➤ Décantation

L'objectif de cette phase est la décantation des floccs issus de la floculation. Les décanteurs de l'usine d'eau de Banikani sont de type tubulo-lamellaire. Les packs sont des ensembles de plaques à ondes trapézoïdales ou équivalent en PE soudées les unes aux autres et qui forment un ensemble de tubes de section rectangulaire. Les plaques sont inclinées à 60° par rapport à l'horizontal. Cet angle est idéal pour permettre un bon écoulement des boues. Les plaques auront une longueur de 1.2 m pour un pack lamellaire de 1.0 m de hauteur. La vitesse de Hazen est de 0.94m/h environ et la surface utile d'un pack est de 13.75 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. La surface totale occupée par les packs lamellaires est de 76m<sup>2</sup>.

### ➤ Filtration

Le but principal de la filtration est de rabattre totalement la turbidité en retenant les éléments qui n'ont pas pu être éliminés au cours de la décantation. L'usine d'eau dispose d'un bloc de 8 filtres (avec possibilité d'isolation en 2 lignes de 4 filtres en parallèle). Une vanne permet d'isoler les deux filières de 4 filtres. Mais seulement 7 filtres fonctionnent simultanément, le huitième étant au repos. Les filtres sont à cellule unique rectangulaire de 8m de longueur et 3m de largeur. La masse filtrante est constituée d'une couche de 1.2 m de sable de granulométrie 0,8 – 1,25 mm. La hauteur d'eau au-dessus de la masse filtrante est de 1.0 mètre.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### ➤ La désinfection

Elle représente l'étape finale du traitement de l'eau destinée à la consommation. Elle permet la destruction ou l'inactivation des micro-organismes pathogènes pour l'homme. Le produit utilisé est l'hypochlorite de calcium injecté à la sortie des filtres. Un temps de contact de 30 minutes au moins est assuré entre l'eau et le chlore au sein de la bache de stockage d'eau traitée.

### ➤ Salle de préparation des produits

Des salles de préparation sont prévues pour la mise en œuvre des différentes solutions de traitement de l'eau. Deux cuves de 4500 litres sont prévues pour la préparation de la solution mère de chaque réactif. Chaque cuve est connectée à deux pompes doseuses chargées du refoulement des solutions préparées pour leur injection.

### ➤ Le laboratoire d'analyse

L'usine de traitement dispose également d'un laboratoire d'analyse. Ce laboratoire définit les valeurs des différents paramètres à prendre en compte pour avoir une eau potable et donne les quantités des produits de traitement à appliquer. Il s'occupe du suivi de la qualité de l'eau depuis la production à la station de l'Okpara jusqu'au réseau de distribution et dispose pour ce faire d'une section physico-chimie et d'une section bactériologie. A l'usine, des laborantins effectuent à chaque heure des prélèvements d'eau au niveau des ouvrages de traitement pour vérifier l'efficacité du traitement et des corrections sont faites si nécessaire. Tout cela permet d'avoir une eau de bonne qualité à la sortie de la station de traitement d'eau.

### ➤ La télégestion

Elle permet d'optimiser l'exploitation des installations du système d'AEP et de faciliter les commandes. Le système de télégestion du réseau est centralisé à l'usine d'eau de Banikani. A partir de la salle de télégestion, il est donc possible d'avoir une vue globale sur les différentes composantes du réseau, leur état de fonctionnement à chaque instant et d'effectuer des commandes à distance.

### ➤ Le réservoir de stockage

Suite à sa potabilisation, l'eau est stockée dans un réservoir d'un volume de 3000m<sup>3</sup>. Il assure la répartition de l'eau traitée entre la zone haute et la zone basse de Parakou. En effet, le réseau de distribution de la ville est subdivisé en deux grandes zones à savoir une zone haute et la zone basse.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*



*Photo 6: Filière de traitement*



*Photo 7: Usine de traitement d'eau*

### ➤ Station de pompage de Banikani

L'eau potable est envoyée du réservoir de stockage vers une station de reprise constituée de deux lignes de pompage, l'une pour la zone haute et l'autre pour la zone basse. Les pompes de la zone haute et celles de la zone basse refoulent l'eau vers la station de reprise de 2kilos à travers une conduite PEHD 630mm pour la zone haute et PEHD 500mm pour la zone basse.

La ligne de pompage de la zone haute est constituée de 2+1 pompes de surface à axe horizontal ayant chacune un débit maximal de  $525 \text{ m}^3/\text{h}$  avec une HMT de 62m. La ligne de pompage de la zone basse quant à elle est équipée de 3+1 pompes de surface à axe horizontal. Le débit maximal est de  $317 \text{ m}^3/\text{h}$  pour chaque pompe et la HMT de 52m. Le débit total d'eau traitée actuel est de  $1\,600 \text{ m}^3/\text{h}$  dont  $1\,049 \text{ m}^3/\text{h}$  pour la zone haute et  $551 \text{ m}^3/\text{h}$  pour la zone basse.

#### IV.1.1.3. Station de reprise de 2kilos et les châteaux d'eau

La station de reprise de 2 kilos renferme deux réservoirs semi-enterrés d'eau traitée, l'un de  $300 \text{ m}^3$  et l'autre de  $2000 \text{ m}^3$ , un château d'eau de  $500 \text{ m}^3$  et une station de pompage. Cette dernière est équipée de 2+1 pompes de reprise de  $800 \text{ m}^3/\text{h}$  avec une HMT de 35m, qui refoulent l'eau de la bache principale vers le château d'eau pour l'alimentation de la zone haute. Le débit de distribution à l'heure de pointe pour la zone basse est de  $945 \text{ m}^3/\text{h}$  et de  $1600 \text{ m}^3/\text{h}$  pour la zone haute. Un château d'eau de  $500 \text{ m}^3$  situé dans le quartier de Gahnon est chargé d'équilibrer les pressions dans la zone haute.



## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*



*Photo 8: Château d'eau de Gahnon*

### IV.1.1.4. Le réseau de distribution

Le système d'AEP de la ville de Parakou est composé de deux zones de distribution que sont : la zone haute (ZH) et la zone basse (ZB). Le réseau de la zone haute balaie les secteurs ayant une altitude supérieure à +360 m tandis que le réseau de la zone basse concerne les parties ayant une altitude inférieure à +360m. La longueur totale du réseau de distribution de la ville de Parakou s'élève à 812 260ml. La figure 5 présente le réseau de distribution actuel de Parakou.



*Figure 5: Réseau de distribution de Parakou*

Le système d'AEP actuel de la ville de Parakou arrive largement à satisfaire les besoins en eau des populations d'après les informations reçues de la SONEB. En effet, le dernier renforcement

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

effectué sur le réseau d'adduction avait pour objectif de lui permettre de satisfaire aux besoins de la totalité de la population de Parakou à l'horizon 2028. L'annexe 5 récapitule les informations techniques disponibles sur le réseau existant.

### **IV.1.2. Estimation des besoins à l'horizon 2040**

#### IV.1.2.1. Estimation de la population de Parakou à l'horizon 2040

Le tableau 3 présente l'évolution de la population de Parakou depuis le dernier recensement (RGPH4, 2013) jusqu'à l'horizon 2040.

*Tableau 3: Population de Parakou à l'horizon 2040*

Années	2013	2024	2028	2032	2036	2040
<b>Taux d'accroissement (%)</b>	4,68%					
<b>Population totale (hbt)</b>	255 478	422 527	507 352	609 206	731 508	<b>878 362</b>
<b>Population zone haute (hbt)</b>	167 423	276 896	332 484	399 232	479 381	<b>575 619</b>
<b>Population zone basse (hbt)</b>	88 055	145 631	174 868	209 974	252 127	<b>302 743</b>

Cette projection basée sur le taux d'accroissement du département du Borgou en 2013 montre une forte croissance de la population de Parakou à l'horizon du projet. La population en 2040 vaut pratiquement 3,4 fois celle de 2013 et 1,7 fois celle de 2028, horizon pour lequel le réseau d'adduction a été renforcé. Ce constat laisse déjà présager la probable nécessité d'effectuer à nouveau un renforcement du réseau d'eau pour supporter les besoins de la population à l'horizon 2040.

#### IV.1.2.2. Evaluation des besoins en eau à l'horizon 2040

Le tableau 4 donne un aperçu des besoins du jour de pointe de chaque zone de distribution ainsi que de la population de Parakou.

*Tableau 4: Evaluation des besoins à l'horizon 2040*

Zones	Zone haute	Zone basse	Parakou
<b>Population (hbt)</b>	575619	302743	878362
<b>Taux de desserte (%)</b>	100%		
<b>Population desservie (hbt)</b>	575619	302743	878362
<b>Consommation spécifique (l/j/hbt)</b>	60		
<b>Besoins (<math>m^3/j</math>)</b>	36230	19055	55285
<b>Coeff de pointe saisonnière</b>	1,1		
<b>Besoins du jour de pointe (<math>m^3/j</math>)</b>	<b>39853</b>	<b>20961</b>	<b>60814</b>

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

Le besoin dans la zone haute est plus important que celui dans la zone basse. Cela est dû au fait que la population de Parakou est surtout concentrée dans la zone haute qui regroupe plus d'une trentaine de quartiers tandis que la zone basse n'en regroupe qu'une quinzaine à peine.

### IV.1.2.3. Evaluation des besoins en débit à l'horizon 2040

L'augmentation de la population et de ses besoins impliquent une augmentation des débits sur le système d'adduction. Les différents débits nécessaires à l'horizon du projet sont exprimés dans le tableau 5.

*Tableau 5: Estimation des débits*

Zones	Zone haute	Zone basse	Parakou
<b>Rendement traitement</b>	95%		
<b>Rendement distribution</b>	85%		
<b>Rendement global</b>	81%		
<b>Débit de production (<math>m^3/h</math>)</b>	2056,41	1081,55	<b>3137,96</b>
<b>Débit d'adduction (<math>m^3/h</math>)</b>	1953,59	1027,48	<b>2981,06</b>
<b>Coefficient de pointe horaire</b>	1,55		
<b>Débit de pointe horaire total (<math>m^3/h</math>)</b>	3195,66	1680,74	<b>4876,40</b>

Le débit de production de la ville de Parakou à l'horizon du projet dépasse donc largement le débit de production actuel qui s'élève à 1800m<sup>3</sup>/h.

### IV.1.3. Identification des points de faiblesse du réseau à l'horizon 2040 et propositions

Les différentes données dont nous disposons en ce qui concerne l'actuel système d'adduction de la ville de Parakou sont récapitulées à l'annexe 5 Nous ferons notre diagnostic en nous basant sur ces données.

#### IV.1.3.1. Station de pompage

##### ➤ Débit de pompage

Le tableau 6 nous donne une idée de l'évolution, par pas de temps de 4 ans, des besoins en production de la ville par rapport à la capacité actuelle de production.

*Tableau 6: Evolution des débits jusqu'à l'horizon du projet par rapport au débit actuel*

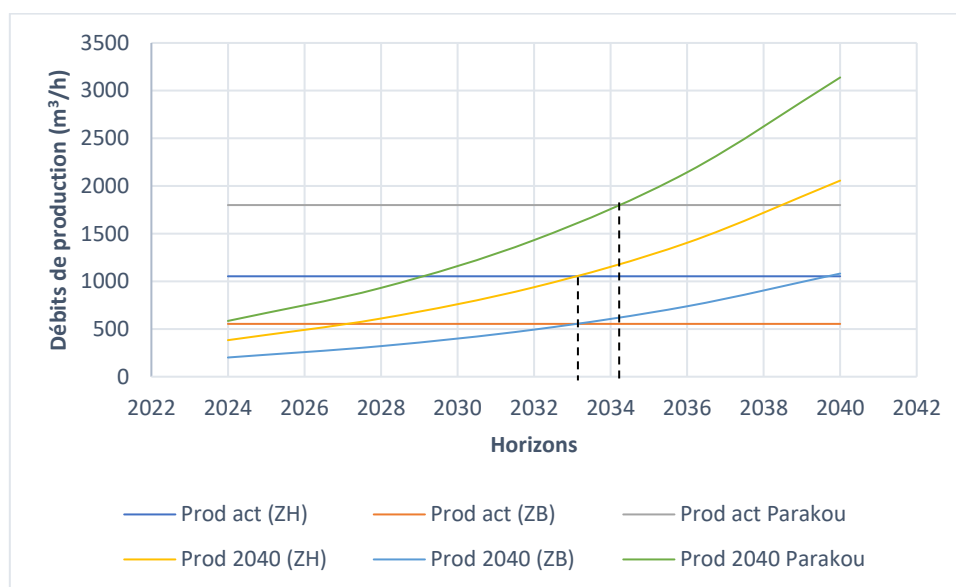
Horizons	2024	2028	2032	2036	2040
<b>Q prod act (ZH) (<math>m^3/h</math>)</b>	1053	1053	1053	<b>1053</b>	1053

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

<b>Q projeté (ZH) (<math>m^3/h</math>)</b>	383	611	939	<b>1405</b>	2056
<b>Q prod (ZB) (<math>m^3/h</math>)</b>	554	554	554	<b>554</b>	554
<b>Q projeté (ZB) (<math>m^3/h</math>)</b>	202	321	494	<b>739</b>	1082
<b>Q prod act Parakou (<math>m^3/h</math>)</b>	1800	1800	1800	<b>1800</b>	1800
<b>Q projeté Parakou (<math>m^3/h</math>)</b>	585	932	1433	<b>2143</b>	3138

En supposant qu'aucun complément ou modification n'est fait et que le système d'adduction reste tel, nous constatons, selon nos projections, qu'entre les horizons 2032 et 2036, la production actuelle montrera des insuffisances à satisfaire les besoins de la population.

La figure 6 nous situe mieux sur les horizons où la nécessité de renforcer la production se révélera.



**Figure 6:** Evolution du débit jusqu'en 2040 par rapport au débit actuel

**Source:** KPOLEDJI Raïssa Querida

Le débit de production nécessaire en zone haute et en zone basse est entièrement couvert jusqu'en 2033. Le système de production en place actuellement offre une marge supplémentaire d'une année, ce qui rend la production apte à satisfaire les besoins jusqu'en 2034. A partir de cet horizon, des manques en production seront enregistrés dans la ville. Des populations entières se verraient alors sans eau en raison de l'insuffisance de la ressource mobilisée du non accès au réseau de distribution.

Le tableau 7 estime les manques en débits de production (Q'prod) à l'horizon 2040.

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Tableau 7: Complément de débit à l'horizon 2040**

Zones	Zone haute	Zone basse	Parakou
<b>Qprod act (m<sup>3</sup>/h)</b>	1053	554	1800
<b>Qprod 2040 (m<sup>3</sup>/h)</b>	2056	1082	3138
<b>Q'prod (m<sup>3</sup>/h)</b>	1003	528	<b>1338</b>

Le besoin en production à l'horizon du projet revient pratiquement au double de la capacité de production actuelle. Le débit minimal à compléter est de 1 338m<sup>3</sup>/h.

➤ Conduites d'aspiration et de refoulement

Le passage de l'eau brute de la retenue au puits d'aspiration s'effectue par une conduite en fonte DN 800mm et le refoulement par une conduite PEHD 710mm. Le tableau 8 indique les vitesses engendrées par le débit en 2040 dans les conduites.

**Tableau 8: Vérification des conduites d'aspiration et de refoulement de la station de l'Okpara**

Conduites	Types	DN/DE (mm)	Dint (m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	Observations
<b>Aspiration</b>	Fonte	800	0,8	0,87	<b>1,73</b>	Inadaptée
<b>Refoulement</b>	PEHD	710	0,63	0,87	<b>2,83</b>	Inadaptée

Les calculs effectués indiquent que les conduites ne sont pas aptes à transporter le débit en 2040. En effet, les vitesses engendrées dépassent 1.2m/s, vitesse maximale admise en aspiration. Or les vitesses élevées entraînent l'augmentation des frictions internes et donc des pertes de charge, l'augmentation de la consommation d'énergie au niveau des pompes, l'usure rapide des conduites, la perte d'efficacité du système.

IV.1.3.2. Usine de traitement d'eau

➤ Conduite d'amenée d'eau

L'eau est transportée à l'usine par la conduite de refoulement de l'Okpara PEHD 710mm. Ainsi, comme nous l'avons montré plus haut, cette conduite n'est pas adaptée au débit à l'horizon du projet.

➤ Ouvrages

Le tableau 17 indique les différences entre les volumes ou surfaces des ouvrages actuels et ceux nécessaires à l'horizon du projet.

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Tableau 9: Vérification de la capacité des ouvrages de traitement**

Ouvrages	Unité	Volume (m <sup>3</sup> ) /surface(m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> ) /surface(m <sup>2</sup> )2040	Différence (m <sup>3</sup> ou m <sup>2</sup> )	Observations
<b>Bassin de coagulation</b>	1	40,31	62,76	<b>-22,45</b>	Insuffisant
<b>Bassin de floculation</b>	2	445,82	732,19	<b>-286,37</b>	Insuffisant
<b>Décanteur lamellaire</b>	2	152,00	242,78	<b>-90,78</b>	Insuffisant
<b>Filtres</b>	7	168,00	313,80	<b>-145,80</b>	Insuffisant
<b>Bassin de désinfection</b>	1	3000,00	1568,98	<b>1431,02</b>	Suffisant

Les différences entre les volumes actuels et ceux à l'horizon du projet montrent que la majorité des ouvrages ont une capacité insuffisante à l'horizon du projet. Cela entraînera la baisse en efficacité du traitement. Seul le bassin de désinfection pourra contenir le flux projeté. En effet, ce bassin est en même temps le réservoir d'eau traitée de l'usine et contribue au stockage pour l'alimentation de toute la ville. Ce réservoir n'est donc pas dimensionné uniquement en fonction des besoins pour la désinfection, mais surtout en fonction des besoins de stockage journaliers.

**IV.1.3.3. Stockage d'eau traitée**

Par la méthode analytique, nous avons déterminé le volume nécessaire au stockage de la ville de Parakou à l'horizon 2040. Ce volume s'élève à 12 139m<sup>3</sup> en termes de volume de distribution. Les détails de calcul sont présentés à l'annexe 3

Le réseau d'eau de Parakou est alimenté par plusieurs réservoirs de stockage. Le tableau 18 indique la capacité de stockage des réservoirs de Parakou ainsi que le manque en stockage à l'horizon 2040.

**Tableau 10: Vérification de la capacité de stockage**

Stockages	Volumes (m <sup>3</sup> )	Total disponible (m <sup>3</sup> )	Volume nécessaire (m <sup>3</sup> )	Volume complémentaire (m <sup>3</sup> )
<b>Bâche Banikani</b>	3000	6300	12139	<b>5839</b>
<b>Bâches 2kilos</b>	2000			
	300			
<b>Château d'eau Gahnon</b>	500			
<b>Château d'eau 2kilos</b>	500			

## *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

Le manque à combler révèle la nécessité de renforcer le stockage pour continuer à satisfaire les besoins. Si ce manque n’est pas comblé, nous observerons à l’horizon du projet, on assistera à des épisodes de pénurie d’eau qui se manifesteront par des coupures fréquentes, la diminution de la pression de l’eau dans les canalisations...

### IV.1.3.4. Station de pompage d’eau traitée

La station de pompage d’eau traitée est constituée de deux lignes de pompage, l’une pour la zone haute et l’autre pour la zone basse.

#### ➤ Débit d’eau traitée

Le tableau suivant montre la différence ( $Q'_{ET}$ ) entre le débit nécessaire à la sortie de la station de pompage à l’horizon 2040 ( $Q_{ET}$  2040) et celui enregistré actuellement ( $Q_{ET}$  act).

*Tableau 11: Complément de débit d’adduction à l’horizon 2040*

Zones	Zone haute	Zone basse	Parakou
$Q_{ET}$ act ( $m^3/h$ )	1049	551	1600
$Q_{ET}$ 2040 ( $m^3/h$ )	1954	1027	2981
$Q'_{ET}$ ( $m^3/h$ )	<b>905</b>	<b>476</b>	<b>1381</b>

Le manque au niveau du débit d’eau traitée montre l’incapacité de la station de pompage d’eau traitée à refouler le débit à l’horizon 2040. La répartition des débits entre la zone haute et la zone basse s’effectue à la station de reprise de 2kilos.

#### ➤ Conduites d’aspiration et de refoulement

Dans le système actuel, les débits d’eau traitée de la zone haute et de la zone basse sont refoulés séparément vers la station de 2kilos. Les tableaux 12 et 13 indiquent la capacité des conduites d’aspiration et de refoulement des deux zones à transporter le débit à l’horizon du projet.

*Tableau 12: Vérification des conduites d’aspiration et de refoulement de la zone haute vers 2kilos*

Conduites	Types	DN/DE (mm)	Dint (m)	Q( $m^3/s$ )	V (m/s)	Observations
<b>Aspiration</b>	Fonte	400	0,40	0,27	<b>2,16</b>	Inadaptée
<b>Refoulement</b>	PEHD	630	0,56	0,54	<b>2,24</b>	Inadaptée

## *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

*Tableau 13: Vérification des conduites d’aspiration et de refoulement de la zone basse vers 2kilos*

<b>Conduites</b>	<b>Types</b>	<b>DN/DE (mm)</b>	<b>Dint (m)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>Observations</b>
<b>Aspiration</b>	Fonte	300	0,30	0,10	<b>1,35</b>	Inadaptée
<b>Refoulement</b>	PEHD	500	0,44	0,29	<b>1,87</b>	Inadaptée

Les conduites ne pourront pas transiter le débit à l’horizon 2040. La vitesse obtenue dépasse en effet celle requise.

### IV.1.3.5. Réseau de distribution

Le réseau de distribution de Parakou prend en compte le centre-ville et certains quartiers périphériques. L’annexe 7 présente les quartiers couverts ainsi que ceux qui ne sont pas couverts par le réseau de distribution.

### IV.1.3.6. Propositions

#### ➤ Station de pompage d’eau brute

La station de pompage actuelle n’étant pas en mesure d’assurer les besoins à l’horizon 2040, nous proposons son extension. Le site offre assez d’espace, ce qui permettra la construction d’un local de pompage mitoyen à celui existant. Les nouvelles pompes seront chargées de prendre en charge le déficit en débit de pompage. Le système sera identique à celui existant, c’est-à-dire qu’il sera constitué d’une conduite aspirant l’eau dans un puits de pompage et de pompe de surface verticale à ligne d’arbre qui refoulent l’eau du puit. Les conduites d’aspiration dans le puits de pompage et de refoulement vers l’usine d’eau seront dimensionnées selon le débit à compléter à l’horizon 2040.

#### ➤ Usine de traitement d’eau

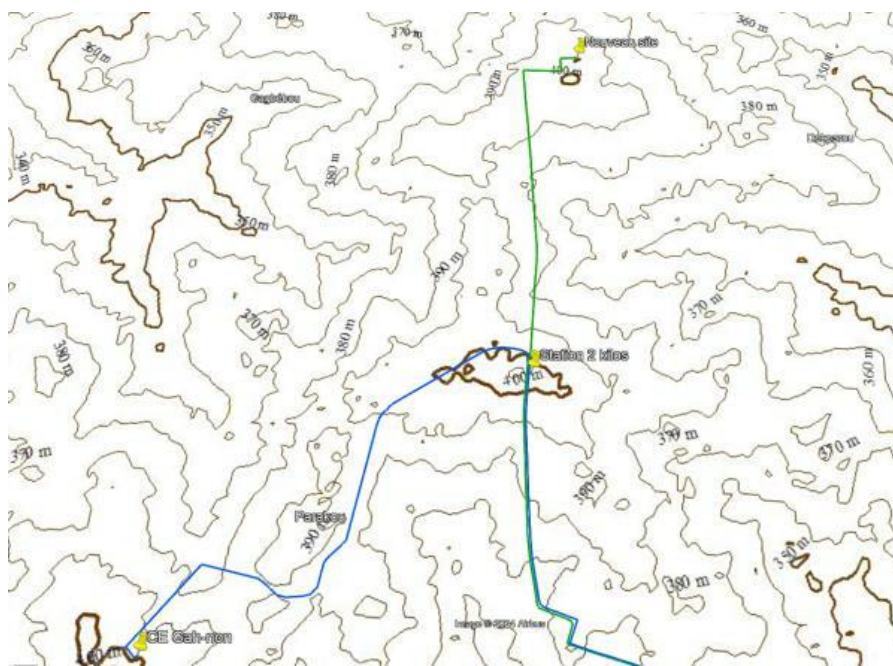
Nous proposons l’extension de la filière de traitement de l’usine d’eau. Compte tenu de la disponibilité d’espace sur le site, l’extension pourra y être envisagée. L’eau sera acheminée à l’usine à travers une canalisation indépendante de celle existante et traitée dans une filière de traitement identique à l’existante. Le débit de traitement correspondra au débit supplémentaire envoyé depuis l’Okpara. En ce qui concerne la désinfection de la nouvelle filière, elle n’aura pas lieu dans le réservoir de stockage existant, cela pour rendre totalement autonome le nouveau système.

#### ➤ Réservoirs d’eau



## *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

Selon les manques en stockage enregistrés à l’horizon du projet, nous proposons de définir les volumes à compléter en zone haute et en zone basse et de réaliser de nouveaux réservoirs pour assurer le stockage. Nous estimons que deux bâches et un château d’eau peuvent être construits en tenant compte des besoins de chaque zone. Ces nouveaux réservoirs seront alimentés à partir de la nouvelle unité de traitement. Cette option permettra une autonomie des nouvelles infrastructures. Le fonctionnement des réservoirs sera semblable au fonctionnement des réservoirs existants. L’usine de traitement peut accueillir encore en plus de la nouvelle unité de traitement, une bâche de stockage tandis que la station de 2kilos n’est pas en mesure d’accueillir d’ouvrages supplémentaires. La désinfection pourra se dérouler dans la nouvelle bâche de la station. Nous proposons un nouvel emplacement, ayant la même altitude que celle de 2kilos et disposant de l’espace nécessaire pour recevoir les réservoirs la seconde bâche et le château d’eau. Le site que nous avons trouvé se situe dans le quartier Guèma. La figure 7 présente les courbes de niveau du terrain naturel au niveau de la station de 2kilos et du site de Guèma.



*Figure 7: Altitudes du terrain naturel*

Nous constatons que l’altitude est d’environ 400m aussi bien au niveau de la station de reprise de 2kilos que du nouveau site choisi. Cela nous permettra de nous baser sur les données disponibles à la station de 2kilos pour réaliser nos dimensionnements sur le site. La figure 8 quant à elle indique l’état actuel du terrain choisi.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*



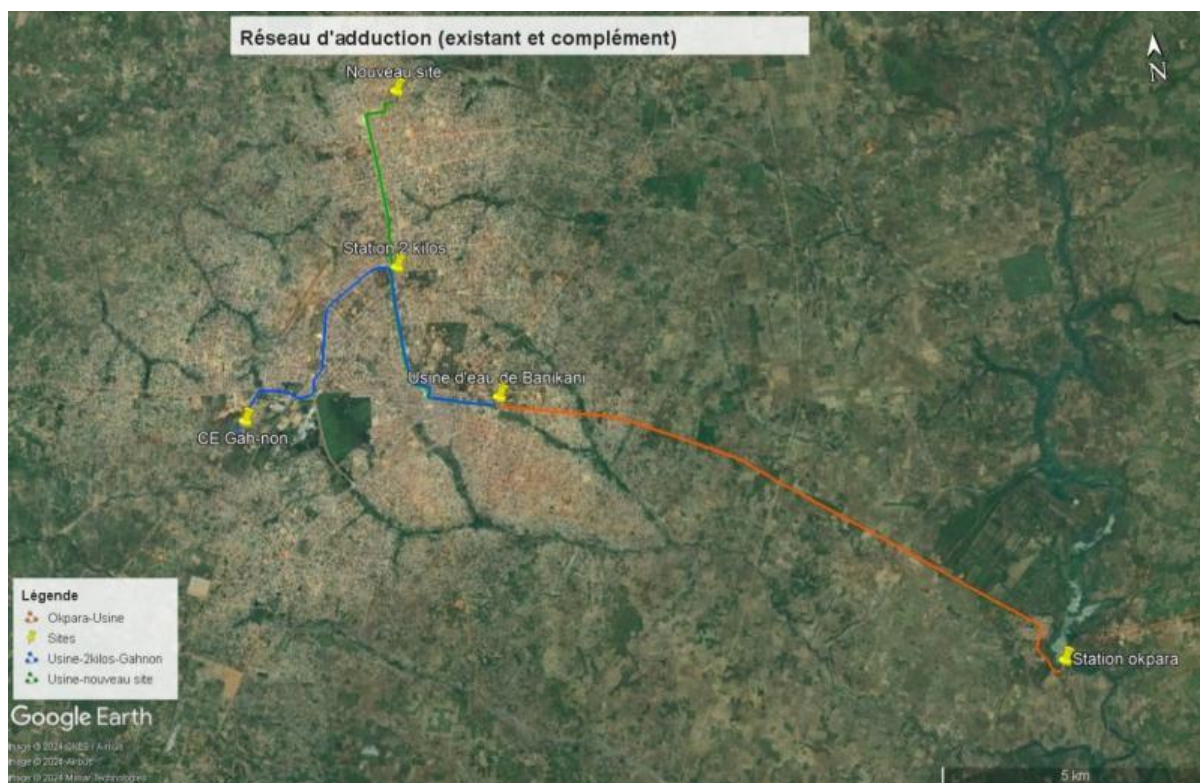
*Figure 8: Etat du nouveau site*

L'image montre que le nouveau site choisi n'est pas encore habité et est assez spacieux pour accueillir les ouvrages projetés. Son périmètre est de 630m et sa superficie de 2,4 ha.

### ➤ Station de pompage d'eau traitée

Pour le pompage de l'eau traitée vers les nouveaux réservoirs, nous suggérons l'extension de la station de pompage par une ligne de pompage. Cette ligne refoulera la totalité du débit d'adduction vers la bache installée sur le nouveau site (Guéma) à travers une conduite unique. En effet, nous jugeons, compte tenu du fait que nous sommes en refoulement direct qu'il n'est pas nécessaire d'avoir deux conduites de refoulement. La figure 9 présente le tracé du réseau d'adduction existant et le complément que nous effectuerons à l'horizon 2040.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*



*Figure 9: Réseau d'adduction y compris le nouvel emplacement proposé*

Les nouvelles conduites que nous proposons d'installer suivront le parcours station de l'Okpara -Usine d'eau de Banikani – Nouveau site (Guéma).

### ➤ Réseau de distribution

Nous proposons une extension du réseau de distribution. Les zones concernées seront les zones peuplées non encore alimentées ainsi que les zones de potentielle installation des populations à l'horizon 2040.

## **IV.2. DIMENSIONNEMENT DES EXTENSIONS ET RENFORCEMENTS**

### **IV.2.1. Station de l'Okpara**

#### IV.2.1.1. Débit de pompage et nombre de pompes

Le débit de pompage à compléter en 2040 est de 1338m<sup>3</sup>/h. Nous avons choisi d'utiliser trois (03) pompes de débit 500m<sup>3</sup>/h soit un débit total de pompage de 1500m<sup>3</sup>/h. La nouvelle station de pompage aura donc un débit maximal de 1500m<sup>3</sup>/h soit 0.42m<sup>3</sup>/s, débit supérieur au débit à compléter à l'horizon du projet. Nous ajouterons une pompe supplémentaire de débit identique. Le pompage sera donc assuré par trois pompes en fonctionnement simultané et une pompe de secours.

*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

IV.2.1.2. Conduites d'aspiration et de refoulement

La conduite d'aspiration sera en fonte et celle de refoulement en PEHD. Les conduites en fonte sont plus durables et engendrent moins de perte de charge et par conséquent une HMT moins importante que dans le cas des conduites en PEHD. Cependant pour des distances importantes, nous préférons les conduites en PEHD qui sont plus économiques. La longueur d'aspiration est de 40m tandis que le refoulement se fait sur une longueur de 1 250m.

Les tableaux 14 et 15 présentent respectivement les dimensionnements des conduites d'aspiration et de refoulement de la station de pompage de l'Okpara par diverses formules.

*Tableau 14: Dimensionnement de la conduite d'aspiration de la station de l'Okpara*

<b>Formules</b>	<b>Bresse</b>	<b>Bresse modifié</b>	<b>Munier</b>	<b>Bonin</b>	<b>Achour Bedjaoui</b>	<b>EIER</b>
<b>Diamètres théoriques (mm)</b>	0,97	0,60	0,96	<b>0,65</b>	0,82	<b>0,67</b>
<b>Diamètres choisis (mm)</b>	1000	600	1000	<b>700</b>	900	<b>700</b>
<b>Vitesses associées (m/s)</b>	0,53	1,47	0,53	<b>1,08</b>	0,65	<b>1,08</b>

Les formules de Bonin et de l'EIER donnent des diamètres de conduites qui génèrent avec le débit de 1500m<sup>3</sup>/h des vitesses dans la plage admissible. Nous optons donc pour une aspiration en fonte DN 700mm.

*Tableau 15: Dimensionnement de la conduite de refoulement de la station de l'Okpara*

<b>Formules</b>	<b>Bresse</b>	<b>Bresse modifié</b>	<b>Munier</b>	<b>Bonin</b>	<b>Achour Bedjaoui</b>	<b>EIER</b>
<b>Diamètres théoriques (mm)</b>	0,97	0,60	0,96	0,65	0,82	<b>0,67</b>
<b>Diamètres choisis (mm)</b>	1000	800	1000	800	1000	<b>900</b>
<b>Vitesses associées (m/s)</b>	0,79	1,24	0,79	1,24	0,79	<b>0,98</b>

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

Le diamètre qui offre une vitesse adéquate est celle obtenue à l'aide la formule de l'EIER. Le refoulement des pompes s'opérera donc par une conduite commune en PEHD DE 900mm. Nous utiliserons des conduites PN 16 pour réduire le risque de coup de bélier.

### IV.2.1.3. Calcul de la HMT des nouvelles pompes de la station de l'Okpara

Les pompes installées doivent être en mesure de refouler l'eau à la hauteur de refoulement aussi bien lorsque la retenue est remplie que lorsqu'elle est à son niveau bas. Le tableau 16 donne les HMT nécessaires pour les niveaux haut et bas de la retenue.

*Tableau 16: HMT nouvelles pompes pour les niveaux haut et bas de la retenue*

Niveau	Côte aspiration	Côte refoulement	Hgéo	DeltaH tot	HMT
Niveau Haut	311	364	53	14,366	<b>67,37</b>
Niveau bas	307		57		<b>71,37</b>

La HMT la plus élevée est obtenue pour le niveau bas de la retenue qui survient en période de sécheresse. Nous choisirons la pompe en fonction de la HMT la plus élevée pour assurer le refoulement au niveau requis aussi bien en période sèche qu'en période pluvieuse. Nous optons pour une pompe de HMT 75m. nous prévoyons ainsi une marge de 3,63m sur la HMT requise qui montrera son utilité en cas de vieillissement de la conduite. En effet, le vieillissement des conduites entraîne l'augmentation des pertes de charge dans la conduite et par conséquent celle de la HMT.

### IV.2.1.4. Choix des nouvelles pompes de la station de l'Okpara

En nous appuyant sur les pompes en fonctionnement, nous choisissons d'utiliser des pompes verticales à ligne d'arbre de marque KSB de gamme B-Pump. Les caractéristiques des pompes sont consignées dans le tableau 17.

*Tableau 17: Caractéristiques des nouvelles pompes*

Taille	Q(m <sup>3</sup> /h)	HMT (m)	Pression de refoulement (bar)	Vitesse de rotation (rpm)	Rendement (%)	Puissance absorbée (KW)
<b>B 14D</b>	499,88	75,23	7,36	1485	82,19	124,22

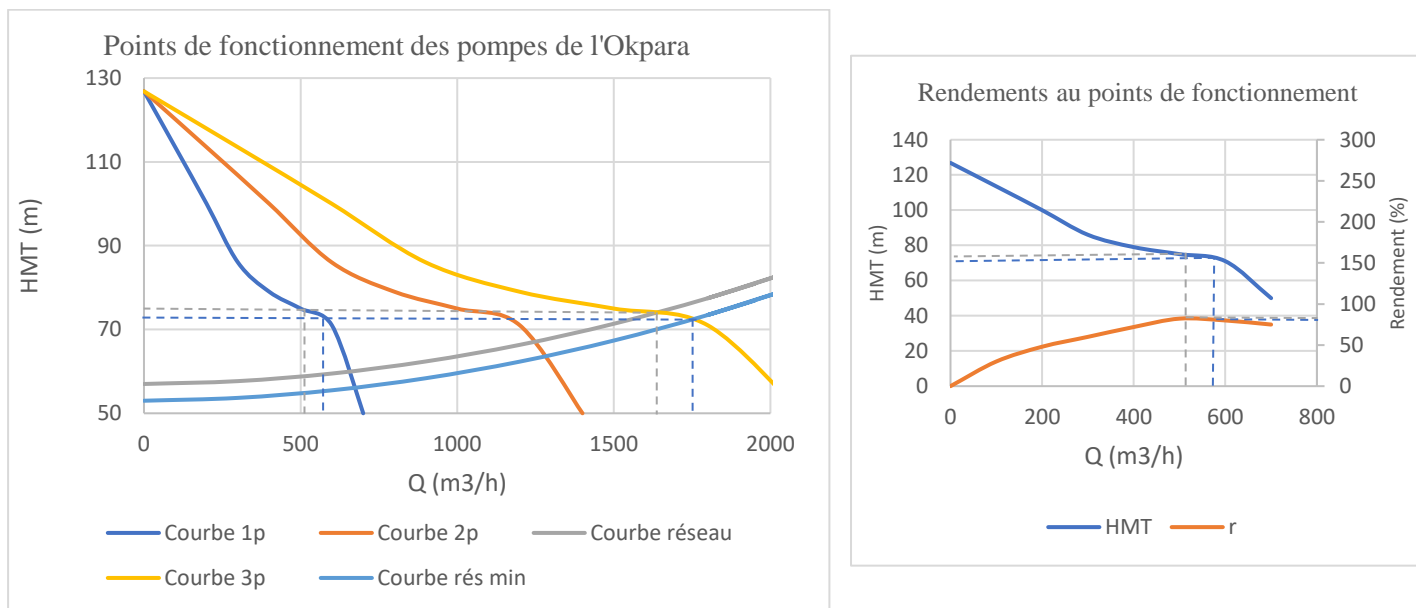
Le débit de chaque pompe est légèrement inférieur à 500m<sup>3</sup>/h. La différence est de l'ordre de 0,02m<sup>3</sup>/h soit 20l/h, mais il reste bien supérieur au débit minimal à fournir par chaque pompe

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

en 2040 qui s'élève à 446m<sup>3</sup>/h. Chaque pompe offre également une HMT légèrement supérieure à 75m avec un bon rendement.

Les caractéristiques du fonctionnement de l'assemblage des trois (03) pompes avec le réseau est obtenu grâce au tracé des courbes caractéristiques et des courbes de réseau.

La figure 10 présente les courbes précédemment mentionnées.



**Figure 10:** *Caractéristiques aux points de fonctionnement des pompes de la station de l'Okpara*

Les caractéristiques qu'offre l'assemblage des trois pompes au point de fonctionnement sont récapitulées dans le tableau 18 en cas de plus hautes eaux (PHE) et de plus basses eaux (PBE). Le débit d'une seule pompe au point de fonctionnement est de 540m<sup>3</sup>/h en situation de PBE et de 580 m<sup>3</sup>/h en situation de PHE.

**Tableau 18:** *Caractéristiques au point de fonctionnement pour les trois pompes*

Caractéristiques	PHE	PBE	Valeurs attendues
<b>Q (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>1750</b>	<b>1650</b>	<b>1500</b>
<b>HMT (m)</b>	<b>72,5</b>	<b>74</b>	<b>75,23</b>
<b>Rendement (%)</b>	<b>81</b>	<b>80</b>	<b>82,19</b>

L'association des pompes, aux points de fonctionnement offre des débits appréciables, supérieurs à 1500m<sup>3</sup>/h, avec des HMT inférieures à la valeur optimale, mais qui restent cependant bien supérieures aux valeurs requises indiquées au tableau 16. Les rendements en

## *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

cas de PHE et de PBE sont également proches du rendement optimum qui s’élève à 82,5%. Les pompes choisies peuvent donc satisfaire les nos attentes concernant la production.

### IV.2.1.5. Vérification du coup de bélier

Le tableau 19 présente le calcul du coup de bélier sur la conduite de refoulement.

*Tableau 19: Calcul du coup de bélier*

Paramètres	Valeurs	Observations
<b>K=</b>	33	Le coup de bélier n'est pas préjudiciable pour la conduite
<b>D=</b>	736,6 mm	
<b>e=</b>	81,7 mm	
<b>c=</b>	532,362 m/s	
<b>Delta P=</b>	53,061 mCE	
<b>HMT+Delta P=</b>	128,061 mCE	
<b>HMT-Delta P=</b>	21,939 mCE	
<b>PN=</b>	160 mCE	
<b>Pmax=</b>	192 mCE	
<b>Patm=</b>	10,33 mCE	
<b>(HMT+Delta P)/Pn=</b>	80%	

Le calcul de  $HMT + \Delta P$  et  $HMT - \Delta P$  montre qu’aussi bien en cas de dépression que de surpression dans la conduite, les valeurs obtenues restent dans l’intervalle  $P_{atm}$  à  $P_{max}$ . Il en ressort donc que le coup de bélier n’est pas préjudiciable sur la conduite. Néanmoins, des équipements de protection du réseau tels que les soupapes de décharge seront installées.

### IV.2.2. Usine d’eau

La nouvelle unité de traitement de l’usine de Banikani sera dimensionnée pour un débit de 1500m<sup>3</sup>/h.

### IV.2.3. Réservoirs

Le calcul des volumes de stockage nécessaire à l’horizon du projet est présenté à l’annexe 3. Le tableau 20 donne les volumes de stockage à prévoir pour chaque zone de distribution.

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Tableau 20:** Stockage supplémentaire nécessaire en 2040

Zones	Vol act (m <sup>3</sup> )	Vol 2040 (m <sup>3</sup> )	Vol sup (m <sup>3</sup> )	RI	Nouveau stock (m <sup>3</sup> )
<b>ZH</b>	4040	7955	3915	60	3975
<b>ZB</b>	2260	4184	1924	60	1984
<b>Parakou</b>	6300	12139	5839	120	5959

Nous prévoyons un volume de stockage supplémentaire de 6000m<sup>3</sup> pour toute la ville répartie entre deux baches et un château d'eau. Une bache d'un volume de 3000m<sup>3</sup> sera construite à l'usine d'eau de Banikani puis une seconde bache de 2500m<sup>3</sup> et le château de 500m<sup>3</sup> seront positionnés sur le nouveau site de Guèma.

Le tableau 21 montre les caractéristiques des nouveaux réservoirs. Ces réservoirs auront des caractéristiques semblables aux réservoirs existants.

**Tableau 21:** Caractéristiques des réservoirs

Réservoirs	Matériau	Forme	Volume (m <sup>3</sup> )	Côte TN	Côte Radier	PBE	PHE
<b>Bâche usine</b>	Béton armé	Cylindrique	3000	354,5	350,8	351,05	353,9
<b>Bâche nouveau site</b>		Cylindrique	2500	398	394,3	394,6	397,5
<b>Château d'eau nouveau site</b>		Tronconique	500	398	423,2	423,2	429

#### **IV.2.4. Station de pompage d'eau traitée de Banikani**

##### **IV.2.4.1. Débit de d'eau traitée complémentaire et nombre de pompes**

Le débit d'eau traitée à compléter est de 1381m<sup>3</sup>/h. Nous avons choisi d'utiliser trois (03) pompes en mesure de fournir un débit minimal de 460,33m<sup>3</sup>/s. Nous opterons alors pour des pompes de débit unitaire 500m<sup>3</sup>/h soit un débit total de pompage de 1500m<sup>3</sup>/h. Le pompage se fera ainsi par 3 pompes en fonctionnement simultané. Il sera prévu une pompe de secours.

##### **IV.2.4.2. Conduites d'aspiration et de refoulement des pompes à installer**

Les tableaux 22 et 23 présentent le dimensionnement des conduites d'aspiration et de refoulement d'eau traitée de Banikani. La conduite d'aspiration sera en fonte et celle de refoulement en PEHD PN 10bars.



*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

*Tableau 22: Dimensionnement de la conduite d'aspiration des pompes de l'usine*

Formules	Bresse	Bresse modifié	Munier	Bonin	Achour Bedjaoui	EIER
<b>Diamètres théoriques (mm)</b>	0,56	0,41	0,55	<b>0,37</b>	0,47	0,41
<b>Diamètres choisis (mm)</b>	600	500	600	<b>400</b>	500	500
<b>Vitesses associées (m/s)</b>	0,49	0,71	0,49	<b>1,11</b>	0,71	0,71

Le diamètre le plus adapté a été obtenu par la formule de Bonin. Nous utiliserons donc une conduite en fonte DN 400 qui engendre une vitesse de 1.11 m/s.

*Tableau 23: Dimensionnement de la conduite de refoulement des pompes de l'usine*

Formules	Bresse	Bresse modifié	Munier	Bonin	Achour Bedjaoui	EIER
<b>Diamètres théoriques (mm)</b>	0,97	0,60	0,96	<b>0,65</b>	0,82	<b>0,67</b>
<b>Diamètres choisis (mm)</b>	1200	710	1200	<b>800</b>	1000	<b>800</b>
<b>Vitesses associées (m/s)</b>	0,47	1,35	0,47	<b>1,07</b>	0,68	<b>1,07</b>

Les formules de Bonin et de l'EIER donnent un diamètre de 800 mm avec une vitesse de 1,07m/s.

#### IV.2.4.3. Calcul de la HMT des pompes de l'usine

Le tableau 24 récapitule les HMT nécessaire aussi bien en période hautes eaux et de basse eau.

*Tableau 24: HMT pour les niveaux haut et bas du réservoir d'eau traitée*

Niveau	Côte aspiration	Côte refoulement	Hgé	DeltaH tot	HMT
<b>Niveau Haut</b>	353,9	397,5	43,6	11,061	<b>54,66</b>
<b>Niveau bas</b>	351,05		46,45		<b>57,51</b>

La HMT maximale est de 57.51m. Nous choisissons alors une pompe offrant une HMT de 60 m.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### IV.2.4.4. Choix des nouvelles pompes

Nous utiliserons des pompes de surface horizontale KSB et de la gamme Etaline R. Le tableau 25 présente les caractéristiques de la pompe choisie.

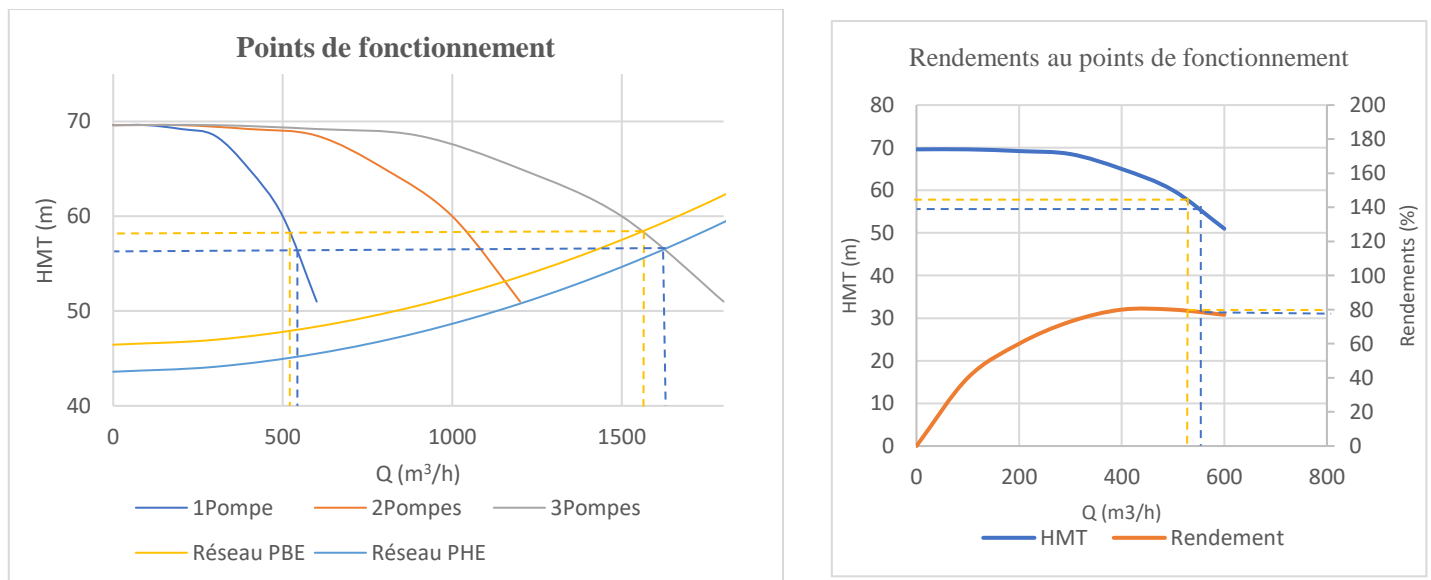
*Tableau 25: Caractéristiques des pompes*

Taille	Q(m <sup>3</sup> /h)	HMT (m)	Pression de refoulement (bar)	Vitesse de rotation (rpm)	Rendement (%)	Puissance absorbée (KW)	NPSH requis (m)
200-500	499,96	60	5,87	1483	81%	100,64	3,45

Le débit de chaque pompe est légèrement inférieur à 500m<sup>3</sup>/h. La différence est de l'ordre de 0,04m<sup>3</sup>/h soit 40l/h mais reste bien supérieur au débit minimal à fournir par chaque pompe en 2040 qui s'élève à 460.33m<sup>3</sup>/h. Chaque pompe offre également une HMT de 60m avec un bon rendement.

La détermination du point de fonctionnement nous permet de connaître les caractéristiques de l'association des trois pompes lorsqu'elles fonctionnent sur le réseau.

La figure 10 indique les points de fonctionnement aussi bien en cas de hautes eaux ou de basses eaux dans le réservoir de stockage d'eau traitée ainsi que les rendements correspondants.



**Figure 11:** *Caractéristiques aux points de fonctionnement des pompes de l'usine d'eau*

Le fonctionnement simultané des trois pompes en parallèle, donne aux points de fonctionnement les caractéristiques indiquées au tableau 26. Le débit d'une seule pompe au

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

point de fonctionnement est de 520m<sup>3</sup>/h en situation de PBE et de 550m<sup>3</sup>/h en situation de PHE. Le tableau 26 indique les débits, les HMT et les rendements aux points de fonctionnement.

**Tableau 26: Caractéristiques au point de fonctionnement**

Caractéristiques	PHE	PBE	Valeurs attendues
<b>Q (m3/h)</b>	<b>1625</b>	<b>1550</b>	<b>1500</b>
<b>HMT (m)</b>	<b>56,2</b>	<b>58,2</b>	<b>60</b>
<b>Rendement (%)</b>	<b>80</b>	<b>79</b>	<b>81</b>

Les débits et HMT aux points de fonctionnement en cas de plus hautes eaux ou de plus basses hauts couvrent les débits et HMT requis mentionnés au tableau 24 même si les HMT restent en dessous de la HMT attendue des pompes. L'association offre également des rendements proches du rendement optimal. Nous maintenons donc ces pompes pour la station de pompage de Banikani.

**IV.2.4.5. Vérification du coup de bélier**

Le tableau 27 présente le calcul du coup de bélier.

**Tableau 27: Calcul du coup de bélier**

Paramètres	Valeurs	Observations
<b>K=</b>	33	Le coup de bélier n'est pas préjudiciable pour la conduite
<b>D=</b>	705,20 mm	
<b>e=</b>	47,40 mm	
<b>c=</b>	426,32 m/s	
<b>Delta P=</b>	46,36 mCE	
<b>HMT+Delta P=</b>	106,36 mCE	
<b>HMT-Delta P=</b>	13,64 mCE	
<b>PN=</b>	100 mCE	
<b>Pmax=</b>	120 mCE	
<b>Patm=</b>	10,33 mCE	
<b>(HMT+Delta P)/Pn=</b>	1,06	

## *Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

Le calcul de la surpression et de la dépression totale dans la conduite indique que le coup de bélier qui peut survenir sur cette conduite n’est pas préjudiciable pour cette dernière. C’est ce calcul qui nous a conduit à opter pour une conduite PN10 car l’utilisation des conduites PN16 entraîne une dépression importante. Sur cette conduite, nous prévoyons cependant des équipements de sécurité tels que les soupapes de décharge.

### V.2.4.6. Vérification de la cavitation

Le tableau 28 présente le calcul de la NPSH qui sera disponible suite à l’installation des pompes.

*Tableau 28: Calcul de la NPSH disponible*

<b>Côte pompe</b>	<b>Côte PBE</b>	<b>Ha</b>	<b><math>\Delta h_{asp}</math></b>	<b>NPSH disponible</b>	<b>NPSH requis</b>
351,05	351,05	0,00	0,03	9,39	3,45

Nous avons  $NPSH_d > NPSH_r + 0,5$ . Il n’y a donc pas de risque de cavitation au niveau de l’installation.

## IV.2.5. Station de pompage du nouveau site (Guèma)

### IV.2.5.1. Débit de pompage

Le débit supplémentaire d’eau traitée à fournir à la zone haute est de 904m<sup>3</sup>/h. Notre choix se porte sur l’usage simultané de trois (03) pompes capables de refouler au nouveau château d’eau un débit de 301,33 m<sup>3</sup>/h. Nous optons donc pour trois pompes de 315 m<sup>3</sup>/h chacune avec une quatrième pompe de secours.

### IV.2.5.2. Conduites d’aspiration et de refoulement des pompes à installer

Les tableaux 28 et 29 présentent les caractéristiques des conduites d’aspiration et de refoulement.

*Tableau 29: Dimensionnement de la conduite d’aspiration*

<b>Formules</b>	<b>Bresse</b>	<b>Bresse modifié</b>	<b>Munier</b>	<b>Bonin</b>	<b>Achour Bedjaoui</b>	<b>EIER</b>
<b>Diamètres théoriques (mm)</b>	0,44	0,36	0,44	0,30	0,38	<b>0,33</b>
<b>Diamètres choisis (mm)</b>	500	400	500	300	400	<b>350</b>
<b>Vitesses associées (m/s)</b>	0,45	0,70	0,45	1,24	0,70	<b>0,91</b>

L’aspiration se fera par une conduite en fonte DN350mm obtenue grâce à la formule de l’EIER.

*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

*Tableau 30: Dimensionnement de la conduite de refoulement*

<b>Formules</b>	<b>Bresse</b>	<b>Bresse modifié</b>	<b>Munier</b>	<b>Bonin</b>	<b>Achour Bedjaoui</b>	<b>EIER</b>
<b>Diamètres théoriques (mm)</b>	0,77	<b>0,51</b>	0,76	<b>0,51</b>	0,65	<b>0,55</b>
<b>Diamètres choisis (mm)</b>	900	<b>630</b>	900	<b>630</b>	800	<b>630</b>
<b>Vitesses associées (m/s)</b>	0,53	<b>1,08</b>	0,53	<b>1,08</b>	0,67	<b>1,08</b>

Le refoulement quant à lui se fera par une conduite PEHD DE 630mm de pression nominale 10 bars.

#### IV.2.5.3. Calcul de la HMT des pompes

Le tableau 30 indique les HMT minimale et maximale obtenues en cas de niveau haut et de niveau bas de l'eau dans le réservoir de Guèma.

*Tableau 31: Calcul de la HMT des nouvelles pompes*

<b>Caractéristiques</b>	<b>Côte aspiration</b>	<b>Côte refoulement</b>	<b>Hgéo</b>	<b>DeltaH tot</b>	<b>HMT</b>
<b>Niveau Haut</b>	397,5	429	31,5	0,16	<b>31,66</b>
<b>Niveau bas</b>	394,6		34,4		<b>34,56</b>

La HMT varie donc selon le niveau d'eau dans le réservoir de 2500m<sup>3</sup> entre 31.66 et 34.56m. nous choisirons alors une HMT de 35m.

#### IV.2.5.4. Choix des pompes

Notre choix s'est porté sur des pompes de surface horizontal KSB de la gamme Etanorm SKD. Le tableau 31 indique les caractéristiques des pompes choisies.

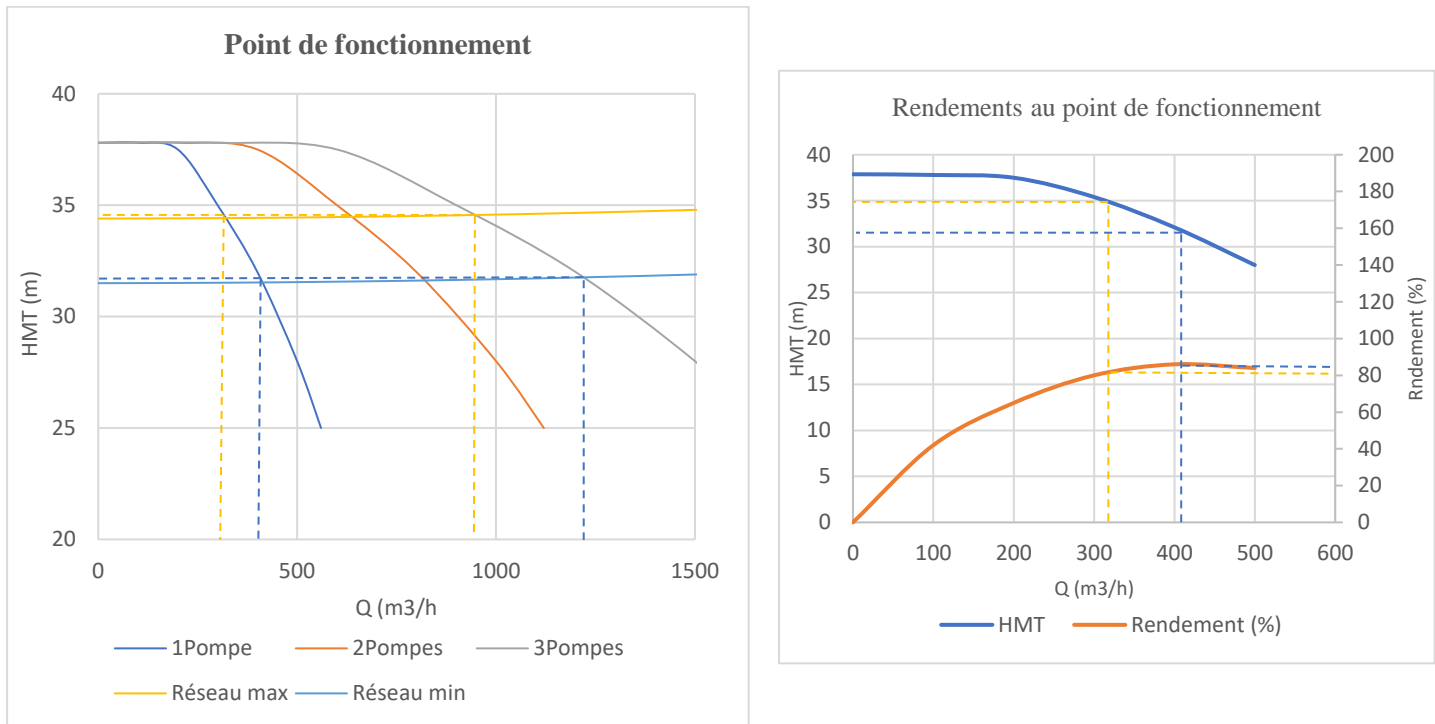
*Tableau 32: Caractéristiques de la pompe*

<b>Taille</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>HMT (m)</b>	<b>Pression de refoulement (bar)</b>	<b>Vitesse de rotation (rpm)</b>	<b>Rendement (%)</b>	<b>Puissance absorbée (KW)</b>
<b>200-150-315</b>	315,59	35	3,43	1469	84	35,94

Avec un bon rendement, ces pompes présentent un débit unitaire légèrement supérieur à 315m<sup>3</sup>/h avec une HMT de 35m.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

La figure 12 présente les caractéristiques aux points fonctionnement de ces pompes en fonction du réseau ainsi que les rendements.



**Figure 12:** *Caractéristiques aux points de fonctionnement des pompes de Guèma*

Le fonctionnement simultané des trois pompes en parallèle, donne aux points de fonctionnement les caractéristiques indiquées au tableau 32. Le débit d'une seule pompe au point de fonctionnement est de 320m<sup>3</sup>/h en situation de PBE et de 410m<sup>3</sup>/h en situation de PHE.

Les débits et HMT aux points de fonctionnement sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 33:** *Caractéristiques aux points de fonctionnement*

<b>Caractéristiques</b>	<b>PHE</b>	<b>PBE</b>	<b>Valeurs attendues</b>
<b>Q (m<sup>3</sup>/h)</b>	1220	950	947
<b>HMT (m)</b>	31,8	34,8	35
<b>Rendement (%)</b>	81	85	84

Les débits obtenus sur le réseau sont supérieurs au débit attendu et les HMT aux points dépassent les valeurs mentionnées au tableau 30. Les rendements sont également appréciables. Nous retenons donc ces pompes pour la station de pompage de Guèma.

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

IV.2.5.5. Vérification du coup de bélier.

Le tableau 33 présente le calcul du coup de bélier.

**Tableau 34:** Calcul du coup de bélier

Paramètres	Valeurs	Observations
<b>K=</b>	33	Présence de coup de bélier préjudiciable par dépression
<b>D=</b>	555,2 mm	
<b>e=</b>	37,4 mm	
<b>c=</b>	426,75 m/s	
<b>Delta P=</b>	47,17 mCE	
<b>HMT+Delta P=</b>	82,17 mCE	
<b>HMT-Delta P=</b>	-12,17 mCE	
<b>PN=</b>	100 mCE	
<b>Pmax=</b>	120 mCE	
<b>Patm=</b>	10,33 mCE	
<b>(HMT+Delta P)/Pn=</b>	0,82	

La dépression maximale dans la conduite est inférieure à la pression atmosphérique, ce qui implique un risque de coup de bélier important par dépression. Nous avons choisi une conduite PN10 car une conduite PN16 engendrait des dépressions plus importantes. Comme malgré ce changement la dépression persiste, nous amenant ainsi à prévoir un ballon anti-bélier sur la conduite de refoulement vers le château d'eau.

IV.2.5.6. Vérification de la cavitation.

Le tableau 35 présente le calcul de la NPSH qui sera disponible après installation des pompes de la nouvelle station de reprise de Guèma.

**Tableau 35:** Calcul de la NPSH disponible

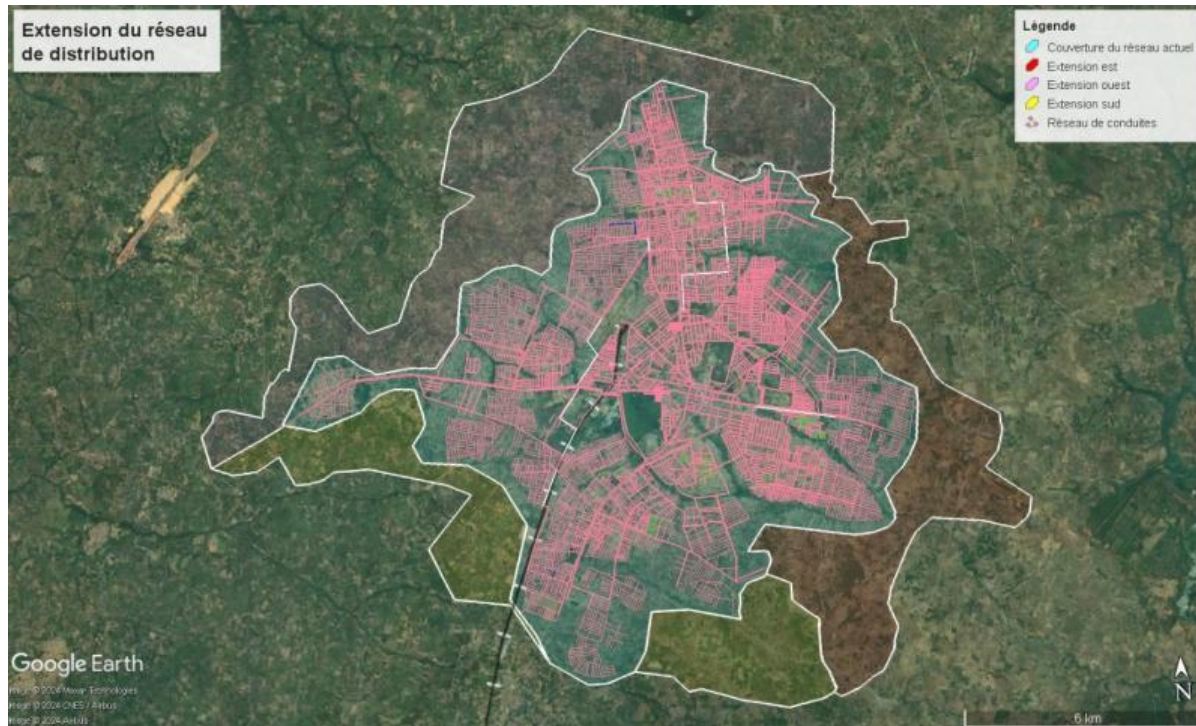
Côte pompe	Côte PBE	Ha	$\Delta h_{asp}$	NPSH disponible	NPSH requis
399	394,6	4,4	0,04	4,93	2,59

Nous avons  $NPSH_d > NPSH_r + 0,5$ . Il n'y a donc pas de risque de cavitation au niveau de l'installation.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### **IV.2.6. Réseau de distribution**

La figure 15 présente les zones d'extension du réseau à l'horizon 2040. Ces zones ont été choisies en fonction de la présence d'habitat et de la proximité au réseau de distribution existant.

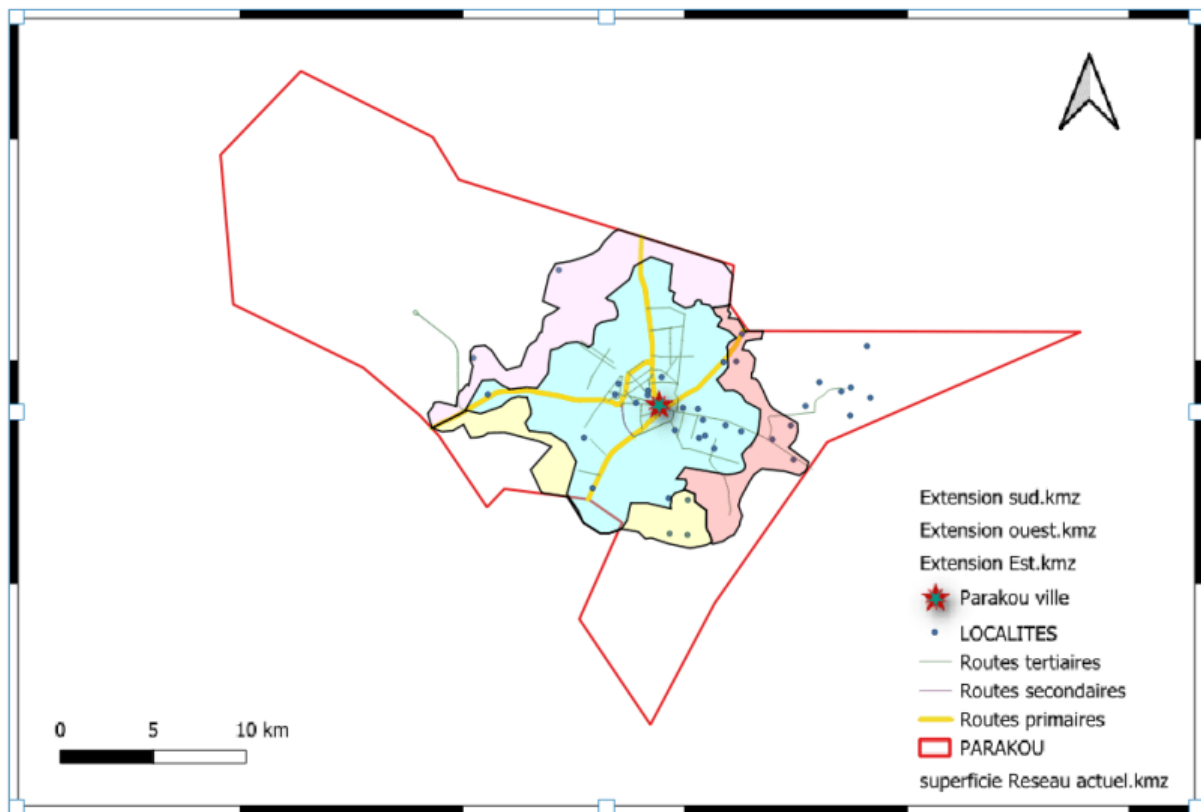


*Figure 13: Carte des zones d'extension*



## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

La figure 14 cartographie les zones d'extension à l'intérieur des limites de Parakou.



*Figure 14: Zones d'extension du réseau de distribution*

Les extensions projetées ne prennent pas en compte certains quartiers tels que TIKO BOROU, BARRAGE, AZANOU KPAROU, PEPEKINO, CHANTIER.... En effet, ces zones sont un peu éloignées du noyau urbain et se présente comme milieu rural. L'alimentation en eau sera alors assurée par la structure en charge de l'hydraulique rurale.

## **V. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU PROJET**

### **V.1. CADRE LÉGISLATIF RÉGISSANT LE PROJET**

Le droit à un environnement sain est un droit essentiel en République du Bénin. Pour assurer la protection de l'environnement, la loi n°98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement a ainsi été adoptée.

L'article 24 du décret n° 2015-382 du 09 juillet 2015 portant organisation des procédures de l'évaluation environnementale en République du Bénin précise que « tout projet dont les activités sont susceptibles d'avoir des impacts sur l'environnement doit être soumis à une étude d'Impact sur l'Environnement qui peut être simplifiée ou approfondie.

L'objectif de l'étude d'impact est de prendre en compte les risques potentiels, de concevoir des mesures d'atténuation appropriées et de garantir que les améliorations apportées profitent durablement à la population locale, tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement.

Les articles 25 et 26 du décret n° 2022-390 du 13 JUILLET 2022 catégorisent et classent les projets :

- Catégorie A : projets qui sont soumis à une étude d'impact environnemental et social détaillée ou approfondie car ils sont susceptibles d'avoir des impacts négatifs importants sur l'environnement ;
- Catégorie B : projets qui font l'objet d'une étude d'impact environnemental et social simplifiée car les impacts négatifs sont jugés moins importants que dans le premier cas ;
- Catégorie C : projets qui font l'objet de prescription environnementale et sociale ou notice d'impact environnemental et social.

Les travaux de renforcement et d'extension du réseau d'AEP de la ville de Parakou peuvent être classés en catégorie B, et donc seront assujettis à une étude d'impact environnemental et social simplifiée (EIES).

### **V.2. IDENTIFICATION DES IMPACTS**

Les travaux à réaliser se feront dans un milieu donné avec lequel ils interagiront à court, moyen ou long terme. Le tableau 36 présente la matrice d'interaction entre les activités sources d'impacts et les principales composantes de l'environnement.

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Tableau 36: Matrice des impacts type Léopold**

Récepteur d'impact / Activités sources d'impacts	Qualité de l'air	Eaux	Sols	Végétation	Santé publique	Foncier	Activités économiques	Emploi	Accès et circulation	Cadre et conditions de vie
<b>Phase préparatoire</b>										
Sélection des entreprises et études techniques								X		
Acquisition, débroussaillage et nettoyage de site pour l'implantation des nouvelles stations de pompe et des réservoirs			X	X	X		X	X	X	X
Dégagement de l'emprise publique pour la pose des conduites							X	X	X	X
<b>Phase de travaux</b>										
Installation des chantiers	X				X	X	X		X	X
Transport des matériaux, équipement et personnel	X		X		X		X	X		X
Travaux de génie civil	X		X	X	X	X	X	X		X
Installation des pompes et des équipements hydrauliques								X		
Réalisation des fouilles pour canalisation	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Pose des canalisations et accessoires hydrauliques							X	X		
Remise en état des sites et repli			X						X	X
<b>Phase d'exploitation</b>										
Mise en service et entretien des installations								X		
Suivi de l'exploitation (télégestion, qualité de l'eau)					X		X	X		

Le signe (X) dans la grille signifie que l'activité considérée a une incidence positive ou négative sur la composante correspondante du milieu.

**V.3. EVALUATION DES IMPACTS POSITIFS DU PROJET**

Le tableau 37 ci-dessous met en exergue les effets positifs que le futur projet pourrait générer.

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Tableau 37: Impacts positifs du projet**

Phases du projet	Impacts positifs
Phase préparatoire	- Création d'emplois temporaires ou permanents ; - Mise en œuvre du projet dans les délais ; - Réaménagement du cadre de vie.
Phase des travaux	- Création d'emploi temporaire ou permanent ; - Développement des activités génératrices de revenus avec la présence de chantier ; - Renforcement du chiffre d'affaire des entreprises.
Phase d'exploitation	- Renforcement du système d'AEP de Parakou ; - Augmentation du taux d'accès à l'eau en 2040 ; - Amélioration de la santé publique ; - Augmentation du personnel de la SONEB.

**V.4. EVALUATION DES IMPACTS NÉGATIFS DU PROJET**

Les effets négatifs du projet seront évalués par le biais de trois paramètres que sont l'intensité, l'étendue et la durée de l'impact. Le tableau 38 révèle ainsi l'importance des potentiels impacts négatifs sur les composantes du milieu naturel.

**Tableau 38: Evaluation des impacts négatifs du projet**

Milieu	Impact potentiel	Nature	Intensité	Etendue	Durée	Importance de l'impact
Cadre de vie	Destruction des habitats, infrastructures commerciales sur l'itinéraire des conduites	Négative	Moyenne	Locale	Longue	Majeure
	Perturbation lors des terrassements en général et de l'ouverture des fouilles	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
Flore	Destruction de la végétation par endroit	Négative	Faible	Ponctuelle	Longue	Mineure
Air	Modification de la qualité de l'air par l'émission de gaz d'échappement des engins et de la poussière	Négative	Moyenne	Ponctuelle	Moyenne	Moyenne
Sol	Dégradation et pollution des sols lors des fouilles	Négative	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne
	Impacts sur les sols liés aux activités de transport	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

Accès et circulation	Perturbation de l'accès et de la circulation lors des opérations de pose des canalisations	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
Population	Perturbation par les nuisances provoquées par les travaux (bruits, poussières, fumées)	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
	Risque d'accident de chantier	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
	Risque de Conflits entre les employés et les riverains	Négative	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Moyenne

### **V.5. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE (PGES)**

Le plan de gestion environnemental regroupe l'ensemble des mesures d'atténuation, de compensation ou de bonifications des impacts du projet, la surveillance et le suivi environnemental et social. Dans cette partie de notre travail, nous présentons donc quelques mesures de bonification des impacts positifs du projet, d'atténuation et de compensation des impacts négatifs ainsi qu'un plan de surveillance et suivi environnemental et social.

#### **V.5.1. Mesures de bonification**

Ces mesures sont axées sur la recherche des voies et moyens pour permettre aux populations d'améliorer leurs revenus. En particulier il s'agira des mesures suivantes :

- Priorisation de l'embauche du personnel d'exécution (ouvriers qualifiés et manœuvres) de la commune concernée par le projet afin de renforcer l'impact de l'emploi ;
- Priorisation des acteurs commerciaux locaux lors de l'achat des matériels et matériaux;
- Élaboration d'un règlement intérieur pour le respect des clauses environnementales du chantier par le personnel de l'entreprise.

#### **V.5.2. Mesures d'atténuation et de compensation**

A défaut de supprimer les impacts négatifs du projet, nous proposons les mesures d'atténuation et de compensation suivantes :

- Dédommager les populations dont les habitations et/ou infrastructures seront affectés par la mise en œuvre du projet ;
- Mettre en place un comité de gestion des conflits ;
- Veiller au balisage des zones de chantier et au respect des affiches et/ou panneaux de signalisation sur le chantier ;

## ***Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040***

- Exiger le port obligatoire des équipements de protection individuelle EPI (Chaussures de sécurité, gants, casque, gilet réfléchissant, masques anti-poussières, etc.) pour les travailleurs et les visiteurs sur le chantier ;
- Mettre en place d'un comité QHSE qui veille à la sensibilisation des ouvriers et usagers du chantier sur les risques liés au travail, le contrôle du port des EPI, la participation aux activités de sensibilisation sur l'hygiène, la sécurité des travailleurs ;
- Prévoir un contrat d'assurance et un partenariat avec un centre de santé pour la prise en charge des cas d'accidents de chantier et de circulation ;
- Limiter au maximum le bruit et exiger une limitation de vitesse pour les véhicules de chantier pour le bien-être de la population ;
- Contrôler et entretenir les véhicules de chantier ;
- Limiter les poussières engendrées par la circulation des engins sur les pistes en les arrosant régulièrement ;
- Organiser des séances de reboisement.

### **V.5.3. Surveillance et suivi environnemental et social**

La surveillance environnementale a pour but de s'assurer que les engagements et exigences de nature environnementale et sociale sont effectivement appliqués lors des différentes phases du projet. Elle s'applique tout au long du projet afin de poursuivre la prise en compte des préoccupations environnementales. La responsabilité de la surveillance environnementale incombe au Maître d'Ouvrage. Il s'agira ici de la SONEB qui est en charge de l'approvisionnement en eau en milieu urbain et qui s'appuiera sur les Bureaux d'études et de contrôles, sur les Entreprises et autres experts Techniques spécialisés pour l'exécution des activités prévues dans le PGES du projet.

Le suivi environnemental permettra de vérifier, sur le terrain l'efficacité et l'effectivité de la mise en œuvre des mesures d'atténuation prévues ainsi que l'évolution dans le temps de certains récepteurs d'impacts (milieu naturel et humain) affectés par le projet.

L'Agence Béninoise pour l'Environnement (ABE) est l'institution chargée de suivi environnemental en dehors des institutions sectorielles et des collectivités locales.

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Tableau 39: Matrice du Plan de Gestion Environnementale et Sociale**

Composantes de suivi	Activités à mener	Paramètres et indicateurs de suivi	Périodes	Responsables		
				Exécution	Surveillance	Suivi
Santé publique et sécurité	Assurer le respect des normes d'émissions (bruits, fumées) et exiger une limitation de vitesse pour les véhicules de chantier	Nombre de plaintes de riverains ou du personnel	Avant et pendant les travaux	Entreprise chargée des travaux	Mission de contrôle/SONEB	Mairie de Parakou/Comité de suivi
	Arroser les pistes pour limiter les émissions de poussières	Qualité de l'air ambiant ; Nombre de plaintes des riverains				
	Exiger le port des EPI	Nombre d'accidents observés				
	Prévoir la prise en charge des cas d'accidents de chantier et de circulation	Nombre de personnes pris en charge				
	Mettre en place un comité de gestion des conflits	Absence de plaintes				
Cadre de vie	Dédommagement des populations affectés	Nombre de personnes dédommagées, nombre de plaintes	Avant les travaux			
Emploi	Recrutement de la main-d'oeuvre locale	Nombre de personnes embauchées localement	Pendant les travaux			
	Développement des activités génératrices de revenus					
Circulation	Signalisation de chantier (balises et panneaux)	Existence d'une signalisation, nombre d'accidents	Pendant les travaux			

*Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

	Réguler la circulation pour faciliter les déplacements pour les riverains	Nombre de plaintes de riverains ; Nombre d’accidents				
--	---	---	--	--	--	--



## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### **VI. EVALUATION DU COÛT DU PROJET**

Le tableau 40 présente l'évaluation des coûts induits par le projet. Cette estimation n'est pas exhaustive étant donné que la présente étude ne prend pas en compte dans les détails tous les aspects du projet. Il s'agit donc d'une estimation sommaire qui s'est inspirée des coûts de projets similaires précédemment réalisés.

*Tableau 40: Estimation des coûts du projet*

N°	Désignation	Montant (FCFA)
1	Acquisition du nouveau site de Guèma	15 000 000
2	Installation de chantier - Travaux préparatoires	75 200 000
3	Travaux de génie civil	150 833 000
4	Équipement des stations de pompage	650 440 000
5	Équipement de la nouvelle unité de traitement	215 000 000
6	Nouveau réseau d'adduction	633 000 000
7	Extension du réseau de distribution	13 000 000 000
8	Construction des réservoirs (3000m <sup>3</sup> , 2500m <sup>3</sup> et 500m <sup>3</sup> )	1 500 358 000
9	Mesures de protection environnementale	18 300 000
10	Imprévus	15 000 000
Total travaux HT		16 273 131 000
TVA (18%)		2 929 163 580
Total général travaux TTC		19 202 294 580

Le coût total du projet est ainsi estimé à Dix-neuf milliard deux cents deux millions deux cents quatre-vingt-quatorze mille cinq cent quatre-vingt (19 202 294 580 FCFA) TTC.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

---

### **CONCLUSION**

Le système d'AEP de la ville de Parakou présentera des difficultés à répondre aux besoins des population en 2040. La vérification de la capacité des différents éléments qui le constituent montre que ces derniers seront exploités à leur maximum bien avant cet horizon. Si aucune disposition n'est prise, leur surexploitation conduira à la dégradation rapide du réseau, de la qualité de l'eau consommée et l'insatisfaction des besoins des populations. De plus, de nombreuses populations se retrouveront sans eau potable. Il est donc nécessaire de prévoir dès à présent un renforcement du réseau d'AEP pour continuer à satisfaire efficacement les besoins des populations. Ce renforcement passera par la mise en place d'un nouveau système d'adduction semblable à l'existant qui fait ses preuves et par l'extension du réseau de distribution. le nouveau système sera totalement indépendant de l'existant, assurant ainsi l'autonomie des nouvelles zones qui seront connectées. Le présent travail a été bénéfique pour nous à plusieurs niveaux. Il a contribué à renforcer notre esprit d'analyse, à stimuler notre ingéniosité, nous a donné l'occasion de mettre en application les notions théoriques capitalisées tout au long de notre formation et nous a permis d'élaborer un travail technique d'un bout à l'autre.

*Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

---

**RECOMMANDATIONS**

Sur la base du travail abattu et des conclusions auxquelles nous sommes parvenues, nous formulons les présentes recommandations à l’endroit de la SONEB :

- Tirer la sonnette d’alarme auprès des autorités sur la nécessité de renforcer et d’étendre le système d’AEP à l’horizon 2040;
- Réaliser une étude d’avant-projet détaillé du renforcement et de l’extension du système d’AEP à l’horizon 2040;
- Effectuer une étude d’impact environnemental pour estimer l’impact des travaux sur le milieu;
- Estimer les coûts et mobiliser les ressources financières nécessaires pour la réalisation des travaux.

Nous recommandons également à la mairie de mettre à la disposition des agents de l’eau les plans de lotissement des zones périurbaines de Parakou.

## *Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*

### **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] BAD. (2015). *Approvisionnement en eau potable et assainissement en Afrique : conclusions, leçons et bonnes pratiques pour de meilleurs résultats.*
- [2] MEM. (2017). *Stratégie nationale d'approvisionnement en eau potable en milieu rural 2017-2030*
- [3] INSAE. (2013). *Recensement Général de la Population et de l'Habitat RGPH4 Bénin.*
- [4] Grégoire S. S. et Clément G. C. (2022), *Problématique De L'accès Universel À L'eau Potable Des Populations En Milieu Rural Au Bénin : Des Défis Et Enjeux Pour L'atteinte Des Objectifs De Développement Durable À L'horizon 2030.*, vol. 35, n° 2.
- [5] PCD. (2018). *Plan de développement communal de Parakou 2019-2023.*
- [6] Sawadogo S. (1982). *Contribution de la télédétection à l'étude de la fracturation : application à l'hydrogéologie du socle en milieu intertropical (Haute-Volta).*
- [7] Elodie, A. (2023). *Conception du système d'adduction d'eau brute du champ captant de KPINSA à l'usine d'eau de Godomey (Bénin).*
- [8] Zoungrana, D. (2003). *Cours d'approvisionnement en eau potable EIER ETSHER.*
- [9] SONEB. (2018). *Registre de données de la SONEB 2022-2023.*
- [10] MEM. (2006). *Stratégie nationale d'approvisionnement en eau potable en milieu urbain 2006-2015.*
- [11] Yatta. M. *Renforcement et extension du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Niamey.*
- [12] Faye. M. D. *SYSTÈMES D'ADDITION EN EAU POTABLE ADDUCTION - RÉSERVOIRS - RÉSEAUX DE DISTRIBUTION .*
- [13] MAP. FNDAE. (2006). *Décanteur lamallaire.*
- [14] Obkircher. C. (2010). *WEST-NORDEUROPA UND POLEN .*
- [15] Mounirou, L. (2018) *Cours essentiel des pompes et stations de pompage.*

[a] [www.un.org/sustainabledevelopment/fr/water-and-sanitation/](http://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/water-and-sanitation/)

[b] [IGIP Afrique | - Ingénieur Conseils \(igipafrique-bj.com\)](http://igipafrique-bj.com)

*Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040*

**ANNEXES**

**ANNEXE 1 : Zones de distribution d’eau de Parakou.....xiv**  
ANNEXE 2: Evaluation de la variation saisonnière et des besoins en eau, en débit et en réserve de distribution.....XV  
ANNEXE 3: Profil de consommation journalière et calcul des réserve de distribution.....xvii  
ANNEXE 4: Diamètres de conduites de distribution .....XX  
ANNEXE 5: Récapitulatif de informations disponibles sur le réseau existant .....xxi  
ANNEXE 6: Dimensionnement des extensions et renforcement ..... xxiii  
ANNEXE 7: Liste des quartiers couverts et non couverts par le reseau de distribution actuel .....xxxiv

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**ANNEXE 1 : Zones de distribution d'eau de Parakou**

<b>Zone de distribution</b>	<b>Commune</b>	<b>Arrondissement</b>	<b>Village ou quartier de ville concerné</b>	<b>Population en 2013</b>
Zone haute	Parakou	1 <sup>er</sup> Arrondissement	ALAGA, ALBARIKA, BOUNDAROU, CAMP ADAGBE, DEPOT, KPEBIER, TOUROU I, TOUROU II, TOUROU III, TOUROU IV, TOUROU V, TOUROU VI, BAKINKOURA, BAPEROU, BEROUYAROU, KABASSIRA, KADERA, MADINA, OUEZE, SAWARAROU, SINAGOUROU, TITIROU_OKEDAMA, ZAZIRA	167423
		2 <sup>ème</sup> Arrondissement	LADJI-FARANI	
		3 <sup>ème</sup> Arrondissement	AMAOUIGNON-DEKPAROU, GANOU, GUEMA, TRANZA, WANSIROU, SWINROU, ZONGO II, WORE	
Zone Basse	Parakou	1 <sup>er</sup> Arrondissement	TITIROU_OKEDAMA	88055
		2 <sup>ème</sup> Arrondissement	AGBAGBA, ASSAGBINE-BAKA, BANIKANNI, BAPARAPE, GOROMOSSO, KOROBOKOKOU, KOROBOKOKOU-PEULH, LADJI FARANI, LEMANDA, ZONGO-ZENON	
		3 <sup>ème</sup> Arrondissement	GAH CENTRE	
<b>Total</b>				<b>255478</b>

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**ANNEXE 2: Evaluation de la variation saisonnière et des besoins en eau, en débit et en réserve de distribution**

**Annexe 2.1: Evaluation de la variation saisonnière**

Mois 2023	Production mensuelle (m <sup>3</sup> )	Dj (m <sup>3</sup> )	Djm (m <sup>3</sup> )	Variation saisonnière
Janvier	475055	15324,4	15322,2	1,0
Février	477159	17041,4		<b>1,1</b>
Mars	439325	14171,8		0,9
Avril	476181	15872,7		1,0
Mai	460714	14861,7		1,0
Juin	457026	15234,2		1,0
Juillet	450541	14533,6		0,9
Août	418813	13510,1		0,9
Septembre	458029	15267,6		1,0
Octobre	465823	15026,5		1,0
Novembre	518747	17291,6		<b>1,1</b>
Décembre	495185	15973,7		1,0

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Annexe 2.2 : Besoins en eau et en débit**

➤ Ville de Parakou

Horizons	2024	2028	2032	2036	2040
Population totale	422 527	507 352	609 206	731 508	878 362
Taux de desserte	64%	73%	82%	91%	100%
Population desservie	271 381	371 209	500 182	665 979	878 362
Consommation spécifique	36	42	48	54	60
Besoins (m <sup>3</sup> /j)	10 306	16 414	25 238	37 761	55 285
Rendement traitement	95%	95%	95%	95%	95%
Rendement distribution	85%	85%	85%	85%	85%
Rendement global	81%	81%	81%	81%	81%
Coeff de pointe saisonnière	1,1				
Coeff de pointe horaire	1,55				
Production moy	12 762	20 326	31 255	46 763	68 465
Production du jour de pointe (m <sup>3</sup> /j)	14 039	22 359	34 380	51 439	<b>75 311</b>
Débit de production (m <sup>3</sup> /h)	585	932	1 433	2143,3	<b>3 138</b>
Débit de production (l/s)	162	259	398	595	872
Débit d'adduction (m <sup>3</sup> /h)	556	885	1 361	2 036	<b>2 981</b>
Débit de pointe horaire total (m <sup>3</sup> /h)	909,0	1447,7	2226,1	3330,7	4876,4

➤ Zone Haute

Horizons	2024	2028	2032	2036	2040
Population Zone haute	276 896	332 484	399 232	479 381	575 619
Population desservie zone haute	177 844	243 265	327 786	436 438	575 619
Besoin journalier zone haute	6 754	10 756	16 539	24 746	36 230
Production moy	8 364	13 320	20 482	30 645	44 867
Production jour de pointe	9 200	14 653	22 530	33 710	49 354
Prod JP m <sup>3</sup> /h	383	611	939	1 405	2 056
Débit d'adduction ZH (m <sup>3</sup> /h)	364	580	892	1 334	1 954
Débit de pointe horaire ZH (m <sup>3</sup> /h)	596,	949	1459	2183	3196



**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

➤ Zone basse

Horizons	2024	2028	2032	2036	2040
Population Zone basse	145 631	174 868	209 974	252 127	302 743
Population desservie zone basse	93 536	127 944	172 397	229 542	302 743
Besoin journalier zone basse	3 552	5 657	8 699	13 015	19 055
Production moy	4 399	7 006	10 772	16 118	23 598
Production jour de pointe	4 839	7 706	11 850	17 729	25 957
Prod JP m <sup>3</sup> /h	202	321	494	739	1 082
Débit d'adduction ZB (m <sup>3</sup> /h)	192	305	469	702	1 027
Débit de pointe horaire ZB (m <sup>3</sup> /h)	313	499	767	1148	1681

**ANNEXE 3: Profil de consommation journalière et calcul des réserve de distribution**

➤ Ville de Parakou

Temps (h)	Fluctuation demande	Volume demande (m3)	Volume horaire d'adduction (m3)	Stockage (m3)
00-01	1%	715	2981	2266
01-02	1%	715	2981	4531
02-03	2%	1431	2981	6081
03-04	2%	1431	2981	7632
04-05	3%	2146	2981	8466
05-06	3%	2146	2981	9301
06-07	7%	5294	2981	6988
7-8	7%	5294	2981	4674
8-9	6%	4293	2981	3363
9-10	4%	2504	2981	3840
10-11	4%	2504	2981	4317
11-12	4%	2862	2981	4436
12-13	5%	3577	2981	3840
13-14	6%	4293	2981	2528
14-15	7%	5008	2981	501

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

15-16	5%	3577	2981	-95
16-17	4%	2862	2981	24
17-18	4%	2862	2981	143
18-19	5%	3577	2981	-453
19-20	8%	5366	2981	-2838
20-21	4%	2862	2981	-2719
21-22	4%	2862	2981	-2599
22-23	4%	2647	2981	-2266
23-24	1%	715	2981	0
Total	100%	71546	71546	
Réserve de distribution 2040 (m3)				<b>12139</b>

➤ Zone haute

Temps (h)	Fluctuation demande	Demande (m3)	Débit d'adduction (m3)	Stockage (m3)
00-01	1%	469	1954	1485
01-02	1%	469	1954	2969
02-03	2%	938	1954	3985
03-04	2%	938	1954	5001
04-05	3%	1407	1954	5548
05-06	3%	1407	1954	6095
06-07	7%	3470	1954	4579
7-8	7%	3470	1954	3063
8-9	6%	2813	1954	2204
9-10	4%	1641	1954	2516
10-11	4%	1641	1954	2829
11-12	4%	1875	1954	2907
12-13	5%	2344	1954	2516
13-14	6%	2813	1954	1657
14-15	7%	3282	1954	328

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

15-16	5%	2344	1954	-63
16-17	4%	1875	1954	16
17-18	4%	1875	1954	94
18-19	5%	2344	1954	-297
19-20	8%	3516	1954	-1860
20-21	4%	1875	1954	-1782
21-22	4%	1875	1954	-1704
22-23	4%	1735	1954	-1485
23-24	1%	469	1954	0
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>46886</b>	<b>46886</b>	
<b>Réserve ZH</b>				<b>7955</b>

➤ Zone basse

Temps (h)	Fluctuation demande	Demande (m3)	Débit d'adduction (m3)	Stockage (m3)
00-01	1%	247	1027	781
01-02	1%	247	1027	1562
02-03	2%	493	1027	2096
03-04	2%	493	1027	2630
04-05	3%	740	1027	2918
05-06	3%	740	1027	3206
06-07	7%	1825	1027	2408
7-8	7%	1825	1027	1611
8-9	6%	1480	1027	1159
9-10	4%	863	1027	1323
10-11	4%	863	1027	1488
11-12	4%	986	1027	1529
12-13	5%	1233	1027	1323
13-14	6%	1480	1027	871
14-15	7%	1726	1027	173

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

15-16	5%	1233	1027	-33
16-17	4%	986	1027	8
17-18	4%	986	1027	49
18-19	5%	1233	1027	-156
19-20	8%	1849	1027	-978
20-21	4%	986	1027	-937
21-22	4%	986	1027	-896
22-23	4%	912	1027	-781
23-24	1%	247	1027	0
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>24659</b>	<b>24659</b>	
<b>Réserve ZB</b>				<b>4184</b>

**ANNEXE 4: Diamètres de conduites de distribution**

PEHD PE100 SDR 17					
DE	PN 10		PN 16		
	ep	Dint	ep	Dint	
90	5,4	79,2	8,2	73,6	
110	6,6	96,8	10	90	
125	7,4	110,2	11,4	102,2	
140	8,3	123,4	12,7	114,6	
160	9,5	141	14,6	130,8	
180	10,7	158,6	16,4	147,2	
200	11,9	176,2	18,2	163,6	
225	13,4	198,2	20,5	184	
250	14,8	220,4	22,7	204,6	
280	16,6	246,8	25,4	229,2	
315	18,7	277,6	28,6	257,8	
355	21,1	312,8	32,2	290,6	
400	23,7	352,6	36,3	327,4	
450	26,7	396,6	40,9	368,2	

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

500	29,7	440,6	45,4	409,2
560	33,2	493,6	50,8	458,4
630	37,4	555,2	57,2	515,6
710	42,1	625,8	64,5	581
800	47,4	705,2	72,6	654,8
900	53,3	793,4	81,7	736,6
1000	59,3	881,4	90,8	818,4
1200	71,1	1057,8		
1400	83	1234		
1600	94,8	1410,4		
1800	106,6	1586,8		
2000	118,5	1763		

**ANNEXE 5: Récapitulatif de informations disponibles sur le réseau existant**

**Annexe 5.1 : Stations de pompage**

Informations stations de pompage		
Station de pompage de l'Okpara	Qprod max	1800 m <sup>3</sup> /h
	Dasp (Ft)	800 mm
	Dref (PEHD)	710 mm
	L ref	12500 m
	Lasp	40 m
	Côte prise	312 m
	Côte aspiration	306 m
	Côte PHE retenue	311 m
	Côte PBE retenu	307 m
	Côte refoulement	364 m
Station de pompage Banikani	Qadd	1600 m <sup>3</sup> /h
	Dasp (Ft) Zone haute	400 mm
	Dref (PEHD) Zone haute	630 mm
	Dasp (Ft) Zone basse	300 mm

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

	Dref (PEHD) Zone basse	500 mm
	Lasp	12 m
	L ref	3860 m
	Côte pompe	351,05 m
	Côte refoulement	397,5 m
Station de pompage de 2kilos	Qadd Zone haute	945 m <sup>3</sup> /h
	Lasp	20 m
	L ref	60 m
	Côte pompe	394,6 m
	Côte refoulement	429 m

Annexe 5.2 : Usine de traitement d'eau

Informations bassins de traitement			
Coagulation	Unité	1	
	Longueur	3,75	m
	Largeur	2,5	m
	Hauteur	4,3	m
	Temps de séjour	72	s
Floculation	Unité	2	
	Longueur	7,2	m
	Largeur	7,2	m
	Hauteur	4,3	m
	Temps de séjour	840	s
Décantation lamellaire	Unité	2	
	Temps de séjour		
	Vitesse de Hazen	0,94	m/h
	Surface utile d'un pack	13,75	m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup>
	Surface du pack lamellaire	76	m <sup>2</sup>
Filtres	Unité	7	
	Longueur	8	m
	Largeur	3	m

**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

	Vitesse de filtration	10	m/h
--	-----------------------	----	-----

**Annexe 5.3 : Réservoirs**

Réservoirs	Matériau	Forme	Volume (m3)	Côte TN	Côte Radier	PBE	PHE
Bâche de Banikani	Béton armé	Cylindrique	3000	354,5	350,8	351,05	353,9
Bâche de 2kilos		Cylindrique	2000	398	394,3	394,6	397,5
Château d'eau de 2kilos		Tronconique	500	398	423,2	423,2	429
Château d'eau de Gahnon		Tronconique	500	399	414	414,8	419,5

**ANNEXE 6: Dimensionnement des extensions et renforcement**

**Annexe 6.1 : Paramètre de dimensionnement**

Paramètres de calcul		
Viscosité cinématique de l'eau	v =	0,00000115 m <sup>2</sup> /s
Accélération de la pesanteur	g=	9,81 m/s <sup>2</sup>
Coefficient de rugosité PEHD	k ref (PEHD)=	0,0002
Coefficient de rugosité fonte	Kfonte=	0,00003
Coefficient en fonction de la nature du matériau	K=	33 m
Vitesse minimale	vmin=	0,6 m/s
Vitesse maximale	vmax=	1,5 m/s

**Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040**

Annexe 6.2 : Station de l’Okpara

- Dimensionnement des conduites d’aspiration et de refoulement
- Aspiration

	Dth(m)	DN(mm)	V(m/s)	$V \leq (D/50)^{0,25}$	Observations	k/D	Re	Lambda	delta H	DeltaH tot
Bresse	0,97	1000	0,53	2,11	ok	3,00E-05	4,61E+05	1,38E-02	7,89E-03	8,68E-03
Bresse Modifié	0,60	600	1,47	1,86	ok	5,00E-05	7,69E+05	1,31E-02	9,63E-02	1,06E-01
Meunier	0,96	1000	0,53	2,11	ok	3,00E-05	4,61E+05	1,38E-02	7,89E-03	8,68E-03
Bonin	0,65	700	1,08	1,93	ok	4,29E-05	6,59E+05	1,32E-02	4,51E-02	4,96E-02
Bedjaoui	0,82	900	0,65	2,06	ok	3,33E-05	5,13E+05	1,36E-02	1,32E-02	1,45E-02
EIER	0,67	700	1,08	1,93	ok	4,29E-05	6,59E+05	1,32E-02	4,51E-02	4,96E-02

- Refoulement

	Dth(m)	DE(mm)	Dint(mm)	V(m/s)	$V \leq (D/50)^{0,25}$	Observations	k/D	Re	Lambda	delta H	DeltaH tot
Bresse	0,97	1000	818,4	0,79	2,01	ok	2,44E-04	5,64E+05	1,57E-02	7,66E+00	8,42E+00
Bresse Modifié	0,60	800	654,8	1,24	1,90	ok	3,05E-04	7,05E+05	1,60E-02	2,38E+01	2,62E+01
Meunier	0,96	1000	818,4	0,79	2,01	ok	2,44E-04	5,64E+05	1,57E-02	7,66E+00	8,42E+00



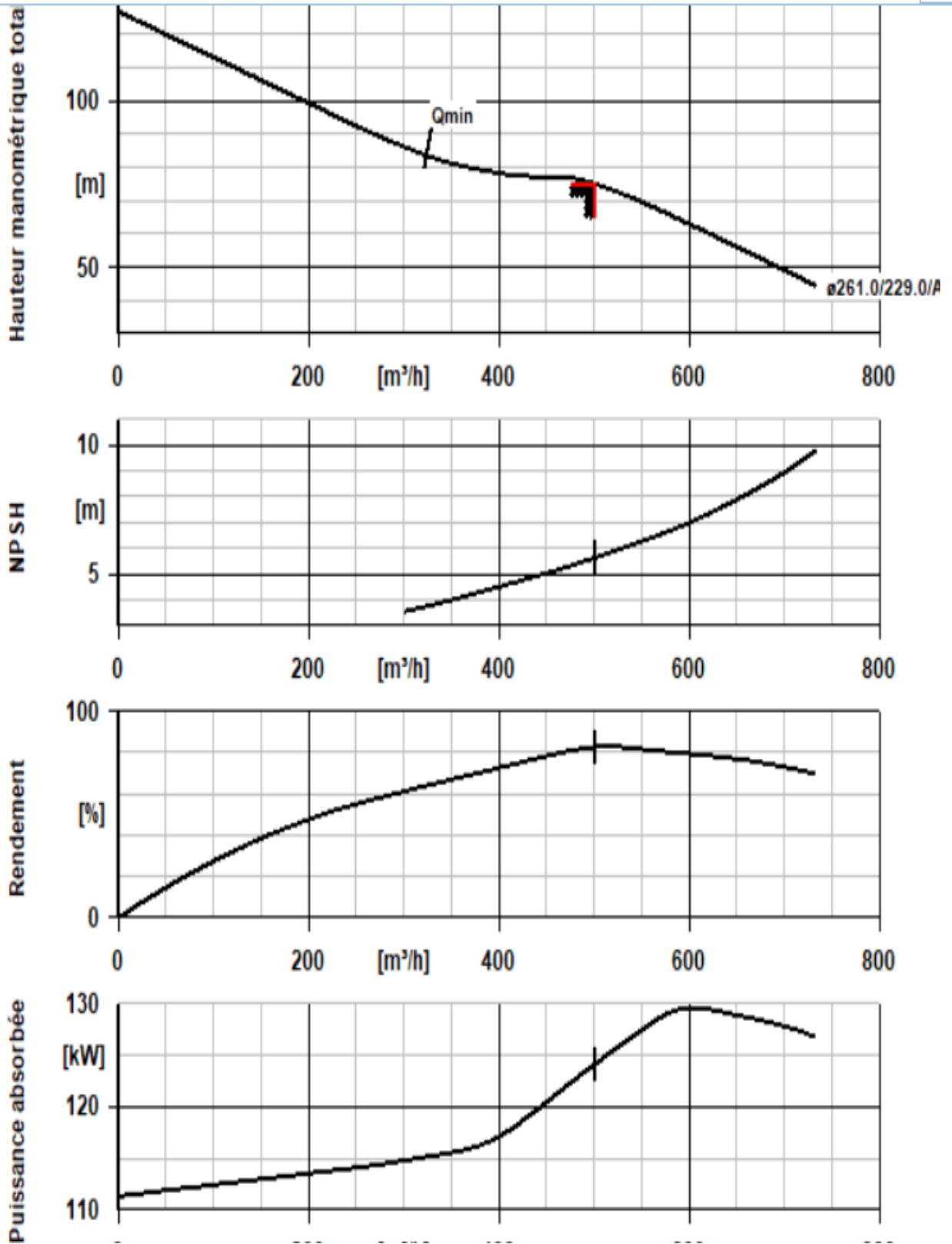
**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

Bonin	0,65	800	654,8	1,24	1,90	ok	3,05E-04	7,05E+05	1,60E-02	2,38E+01	2,62E+01
Bedjaoui	0,82	1000	818,4	0,79	2,01	ok	2,44E-04	5,64E+05	1,57E-02	7,66E+00	8,42E+00
<b>EIER</b>	<b>0,67</b>	<b>900</b>	<b>736,60</b>	<b>0,98</b>	<b>1,96</b>	<b>ok</b>	<b>2,72E-04</b>	<b>6,26E+05</b>	<b>1,58E-02</b>	<b>1,31E+01</b>	<b>14,37</b>

➤ Courbes caractéristiques des pompes

Q1p	0	100	200	300	400	500	520	540
Q2p	0	200	400	600	800	1000	1040	1080
Q3p	0	300	600	900	1200	1500	1560	1620
HMT	142	135	128	120	100	75	69	60
K/Dref	2,72E-04	2,72E-04	2,72E-04	2,72E-04	2,72E-04	2,72E-04	2,72E-04	2,72E-04
Re ref	0,00E+00	1,25E+05	2,51E+05	3,76E+05	5,01E+05	6,26E+05	6,51E+05	6,76E+05
Lambda ref		1,87E-02	1,71E-02	1,64E-02	1,60E-02	1,58E-02	1,58E-02	1,57E-02
Dh ref	0	0,68	2,49	5,38	9,34	14,37	15,50	16,68
Hrés max	57	57,68	59,49	62,38	66,34	71,37	72,50	73,68
Hrés min	53	53,68	55,49	58,38	62,34	67,37	68,50	69,68

*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*



**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Annexe 6.3 : Station de Banikani**

➤ Dimensionnement des conduites d'aspiration et de refoulement

• Aspiration

	Dth(m)	DN(mm)	V(m/s)	$V \leq (D/50)^{0,25}$	Observations	k/D	Re	Lambda	delta H	DeltaH tot
Bresse	0,56	600	0,49	1,86	ok	5,00E-05	2,56E+05	1,54E-02	3,78E-03	4,16E-03
Bresse Modifié	0,41	500	0,71	1,78	ok	6,00E-05	3,08E+05	1,50E-02	9,18E-03	1,01E-02
Munier	0,55	600	0,49	1,86	ok	5,00E-05	2,56E+05	1,54E-02	3,78E-03	4,16E-03
Bonin	0,37	400	1,11	1,68	ok	7,50E-05	3,84E+05	1,47E-02	2,74E-02	3,01E-02
Bedjaoui	0,47	500	0,71	1,78	ok	6,00E-05	3,08E+05	1,50E-02	9,18E-03	1,01E-02
EIER	0,41	500	0,71	1,78	ok	6,00E-05	3,08E+05	1,50E-02	9,18E-03	1,01E-02

• Refoulement

	Dth(m)	DE(mm)	Dint(mm)	V(m/s)	$V \leq (D/50)^{0,25}$	Observations	k/D	Re	Lambda	delta H	DeltaH tot
Bresse	0,97	1200	1057,8	0,47	2,14	ok	1,89E-04	4,36E+05	1,55E-02	1,29E+00	1,42E+00
Bresse Modifié	0,60	710	625,8	1,35	1,88	ok	3,20E-04	7,37E+05	1,60E-02	1,84E+01	2,03E+01
Munier	0,96	1200	1057,8	0,47	2,14	ok	1,89E-04	4,36E+05	1,55E-02	1,29E+00	1,42E+00

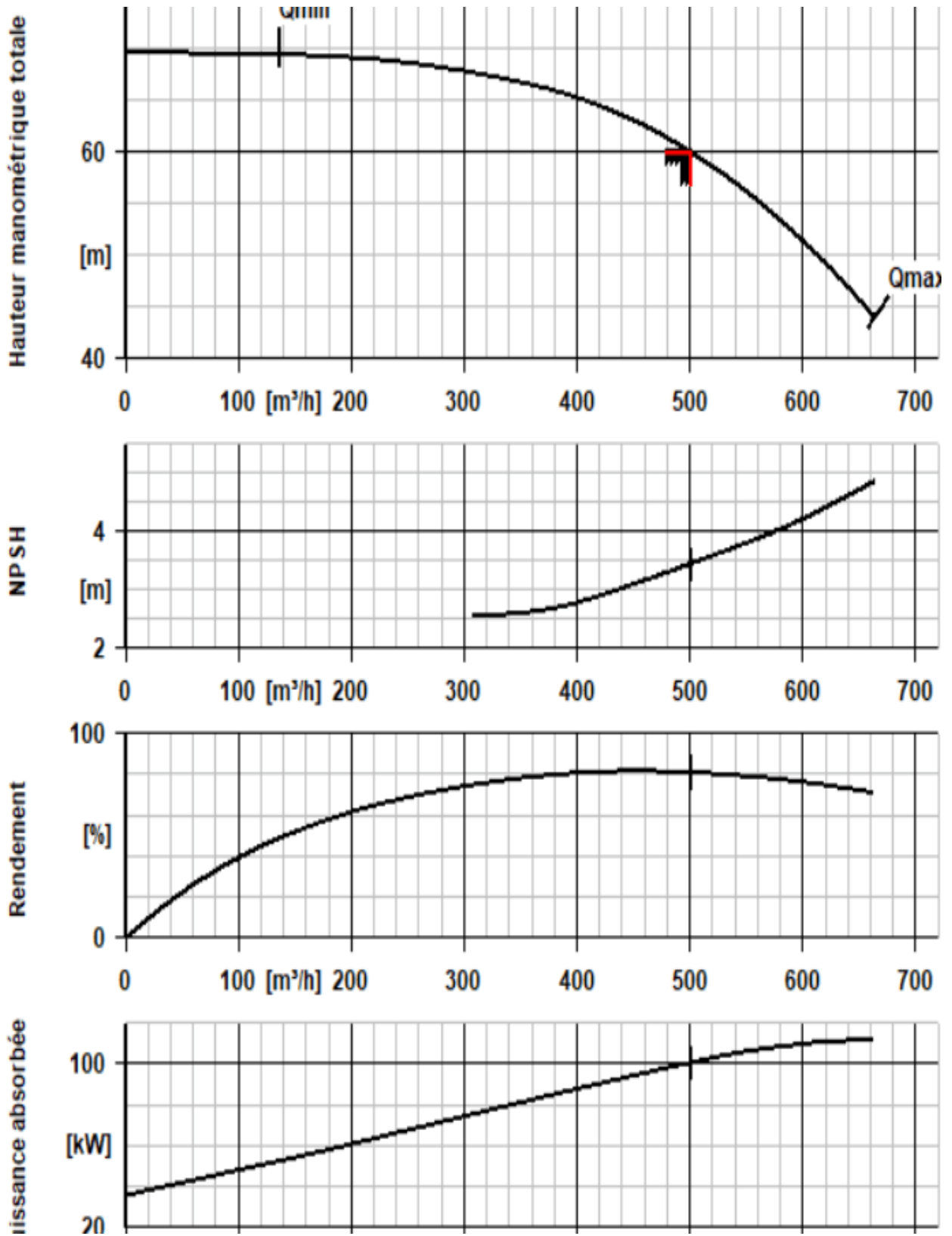
**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

Bonin	0,65	800	705,2	1,07	1,94	ok	2,84E-04	6,54E+05	1,59E-02	1,00E+01	1,10E+01
Bedjaoui	0,82	1000	881,4	0,68	2,05	ok	2,27E-04	5,23E+05	1,56E-02	3,24E+00	3,56E+00
EIER	0,67	800	705,2	1,07	1,94	ok	2,84E-04	6,54E+05	1,59E-02	1,00E+01	1,10E+01

➤ Courbe caractéristiques des pompes

Q1p	0	100	200	300	400	500	600
Q2p	0	200	400	600	800	1000	1200
Q3p	0	300	600	900	1200	1500	1800
HMT	69,61	69,61	69,2	68,5	65	60	51
K/Dasp	7,50E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,50E-05
Re asp	0,00E+00	7,69E+04	1,54E+05	2,31E+05	3,08E+05	3,84E+05	4,61E+05
Lambda asp		1,94E-02	1,70E-02	1,58E-02	1,51E-02	1,47E-02	1,43E-02
Dh asp		0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04
K/Dref	2,84E-04	2,84E-04	2,84E-04	2,84E-04	2,84E-04	2,84E-04	2,84E-04
Re ref	0,00E+00	1,31E+05	2,62E+05	3,93E+05	5,23E+05	6,54E+05	7,85E+05
Lambda ref		1,86E-02	1,71E-02	1,64E-02	1,61E-02	1,59E-02	1,57E-02
Dh ref		0,52	1,90	4,12	7,16	11,03	15,72
Hrés max	46,45	46,97	48,36	50,58	53,63	57,51	62,21
Hrés min	43,60	44,12	45,51	47,73	50,78	54,66	59,36

*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*



**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**Annexe 6.4 : Nouvelle station de Guèma**

➤ Dimensionnement des conduites d'aspiration et de refoulement

• Aspiration

	Dth(m)	DN(mm)	V(m/s)	$V \leq (D/50)^{0,25}$	Observations	k/D	Re	Lambda	delta H	DeltaH tot
Bresse	0,44	500	0,45	1,78	ok	6,00E-05	1,94E+05	1,62E-02	6,56E-03	7,22E-03
Bresse Modifié	0,36	400	0,70	1,68	ok	7,50E-05	2,42E+05	1,57E-02	1,94E-02	2,14E-02
Munier	0,44	500	0,45	1,78	ok	6,00E-05	1,94E+05	1,62E-02	6,56E-03	7,22E-03
Bonin	0,30	300	1,24	1,57	ok	1,00E-04	3,23E+05	1,53E-02	7,95E-02	8,74E-02
Bedjaoui	0,38	400	0,70	1,68	ok	7,50E-05	2,42E+05	1,57E-02	1,94E-02	2,14E-02
<b>EIER</b>	<b>0,33</b>	<b>350</b>	<b>0,91</b>	<b>1,63</b>	<b>ok</b>	<b>8,57E-05</b>	<b>2,77E+05</b>	<b>1,55E-02</b>	<b>3,73E-02</b>	<b>4,10E-02</b>

• Refoulement

	Dth(m)	DE(mm)	Dint(mm)	V(m/s)	$V \leq (D/50)^{0,25}$	Observation	k/D	Re	Lambda	delta H	DeltaH tot
Bresse	0,77	900	793,4	0,53	2,00	ok	2,52E-04	3,66E+05	1,63E-02	1,77E-02	1,95E-02
<b>Bresse Modifié</b>	<b>0,51</b>	<b>630</b>	<b>555,2</b>	<b>1,08</b>	<b>1,83</b>	<b>ok</b>	<b>3,60E-04</b>	<b>5,23E+05</b>	<b>1,67E-02</b>	<b>1,08E-01</b>	<b>1,19E-01</b>

**Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040**

Munier	0,76	900	793,4	0,53	2,00	ok	2,52E-04	3,66E+05	1,63E-02	1,77E-02	1,95E-02
Bonin	0,51	630	555,2	1,08	1,83	ok	3,60E-04	5,23E+05	1,67E-02	1,08E-01	1,19E-01
Bedjaoui	0,65	800	705,2	0,67	1,94	ok	2,84E-04	4,12E+05	1,64E-02	3,21E-02	3,53E-02
EIER	0,55	630	555,2	1,08	1,83	ok	3,60E-04	5,23E+05	1,67E-02	1,08E-01	1,19E-01

➤ Courbes caractéristiques des pompes

Q1p	0	100	200	300	400	500	560
Q2p	0	200	400	600	800	1000	1120
Q3p	0	300	600	900	1200	1500	1680
HMT	37,8	37,8	37,5	35	32	28	25
K/Dasp	8,57E-05	8,6E-05	8,6E-05	8,6E-05	8,6E-05	8,6E-05	8,6E-05
Re asp	0	8,8E+04	1,8E+05	2,6E+05	3,5E+05	4,4E+05	4,9E+05
Lambda asp		1,9E-02	1,7E-02	1,6E-02	1,5E-02	1,5E-02	1,4E-02
Dh asp		5,0E-03	1,8E-02	3,7E-02	6,4E-02	9,7E-02	1,2E-01
K/Dref	3,60E-04	3,6E-04	3,6E-04	3,6E-04	3,6E-04	3,6E-04	3,6E-04
Re ref	0	1,7E+05	3,3E+05	5,0E+05	6,6E+05	8,3E+05	9,3E+05
Lambda ref		1,8E-02	1,7E-02	1,7E-02	1,6E-02	1,6E-02	1,6E-02
Dh ref		1,3E-02	4,9E-02	1,1E-01	1,9E-01	2,9E-01	3,6E-01

**Analyse de la desserte en eau du système d’approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l’horizon 2040**

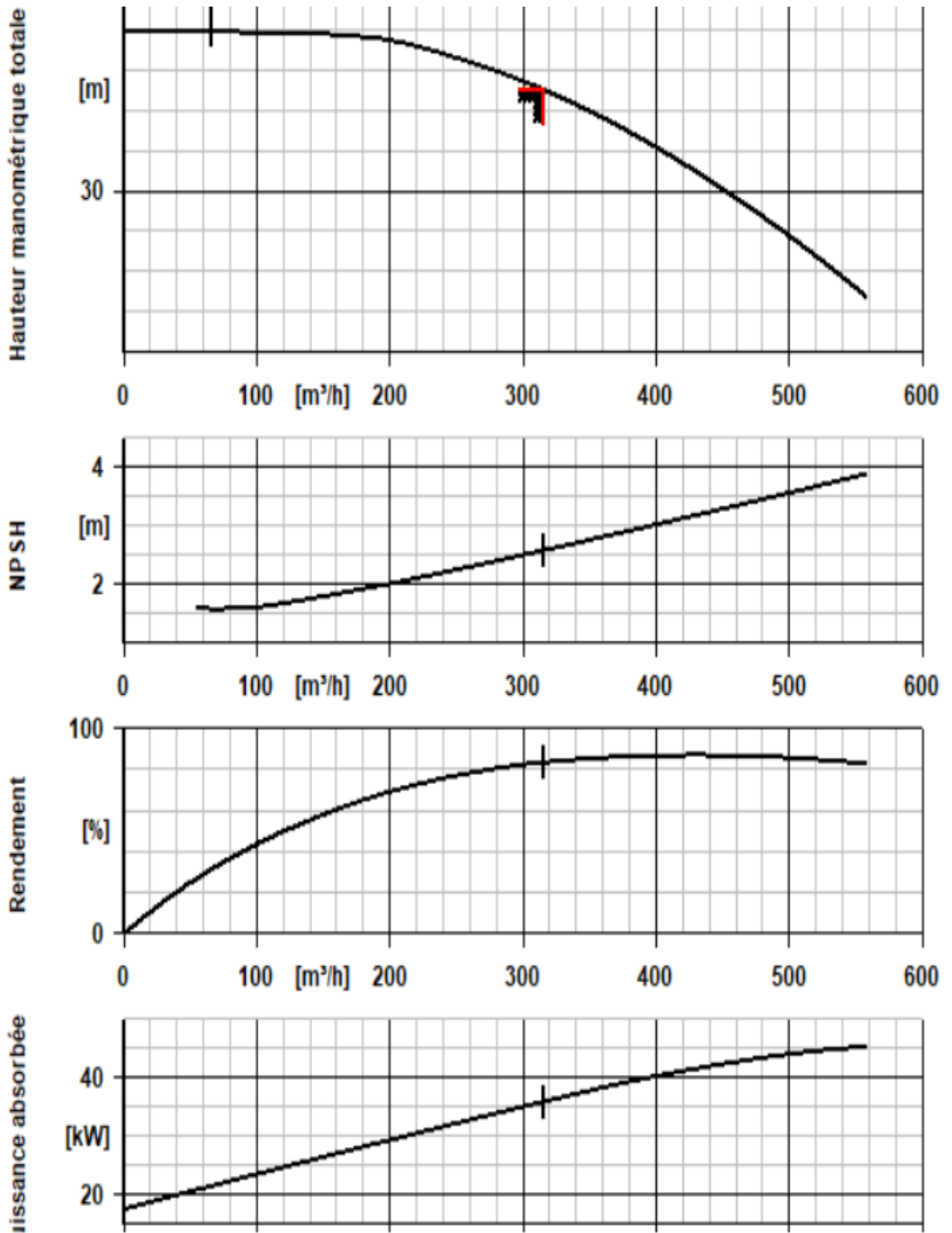
\*L'année de référence est l'année 2023. Les données sont exprimées en litres par habitant et par jour (L/hab/jour).

Hrés max	34,4	34,42	34,47	34,55	34,65	34,79	34,88
Hrés min	31,5	31,52	31,57	31,65	31,75	31,89	31,98

\*L'année de référence est l'année 2023. Les données sont exprimées en litres par habitant et par jour (L/hab/jour).



*Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040*



**Analyse de la desserte en eau du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou (Bénin) à l'horizon 2040**

**ANNEXE 7: Liste des quartiers couverts et non couverts par le reseau de distribution actuel**

Parakou	Quartiers couverts	Quartiers non couverts
1 <sup>er</sup> Arrondissement	ALAGA, ALBARIKA, BOUNDAROU, CAMP ADAGBE, DEPOT, KPEBIER, TOUROU I, TOUROU II, TOUROU III, TOUROU IV, TOUROU V, TOUROU VI, BAPEROU, BEROUYAROU, MADINA, TITIROU_OKEDAMA, DEPOT	BAKINKOURA, KABASSIRA, KADERA, OUEZE, SAWARAROU, SINAGOUROU, ZAZIRA
2 <sup>ème</sup> Arrondissement	LADJI-FARANI, ASSAGBINE-BAKA, BANIKANNI,	AGBAGBA, BAPARAPE, GOROMOSSO, KOROBOKOKOU, KOROBOKOKOU-PEULH
3 <sup>ème</sup> Arrondissement	AMAOUIGNON-DEKPAROU, GANOU, GUEMA, TRANZA, ZONGO II, GAH CENTRE	WANSIROU, SWINROU, WORE