



MINISTÈRE
DE L'EAU ET DES MINES
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN



SOCIÉTÉ NATIONALE
DES EAUX DU BÉNIN
(SONEB)

**RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) ET
D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES
SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES VILLES DE KÉROU,
KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, TOUCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO,
NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS**

**ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE ET D'IDENTIFICATION DES
DIFFÉRENTES OPTIONS DU PROJET**



**RAPPORT D'AVANT-PROJET
SOMMAIRE**

VILLE DE TOUCOUNTOUNA

GROUPEMENT

FINANCEMENT : BUDGET NATIONAL (BN)



ACI 2000
BP 5016
Bamako - Mali
Tél.: +223 20 24 32 34/44 90 00 64
Fax: +223 20 24 15 03/44 90 00 65
E-mail : cira@cira-sas.com
www.cira-sas.com



MAI 2022



MINISTÈRE
DE L'EAU ET DES MINES
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN



SOCIÉTÉ NATIONALE
DES EAUX DU BÉNIN
(SONEB)

**RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) ET
D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES
SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES VILLES DE KÉROU,
KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, TOUCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO,
NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS**

**ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE ET D'IDENTIFICATION DES
DIFFÉRENTES OPTIONS DU PROJET**



**RAPPORT D'AVANT-PROJET
SOMMAIRE**

VILLE DE TOUCOUNTOUNA

B	20/021/PO	Mai 2022	Édition finale	S.T.	K.M.S.	S.K.
Indice	N° Projet	Date	Modifications	Réalisé par :	Revu par :	Approuvé par :

GROUPEMENT

FINANCEMENT : BUDGET NATIONAL (BN)



ACI 2000
BP 5016
Bamako - Mali
Tel : +225 20 24 32 34/44 90 00 64
Fax : +225 20 24 15 03/44 90 00 65
E-mail : cira@ciras-sa.com
www.cira-sa.com



MAI 2022

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	4
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES PHOTOS	6
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	7
I. RÉSUMÉ.....	9
II. INTRODUCTION.....	21
2.1. CONTEXTE DU PROJET	21
2.2. OBJECTIFS DU PROJET	21
2.3. PHASAGE DE L'ÉTUDE.....	22
2.4. DONNÉES ADMINISTRATIVES.....	22
2.5. LIVRABLES À REMETTRE AU CLIENT	22
2.6. CONTENU ET ORGANISATION DU PRÉSENT RAPPORT.....	23
2.7. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE	23
2.8. MÉTHODOLOGIE D'EXÉCUTION DE LA MISSION	24
2.8.1. Réunion de cadrage.....	25
2.8.2. Visite des sites	25
2.8.3. Proposition de solutions	26
III. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA COMMUNE DE TOUCOUNTOUNA	27
3.1. DONNÉES PHYSIQUES	27
3.1.1. Situation géographique	27
3.1.2. Organisation administrative	28
3.1.3. Climat et pluviométrie.....	28
3.2. DONNÉES SOCIOÉCONOMIQUES ET HUMAINES	28
3.2.1. Infrastructures scolaires et sportives	28
3.2.2. Infrastructures sanitaires	29
3.2.3. Urbanisation.....	30
3.2.4. Populations	30
3.2.5. Principales activités socioéconomiques	32

IV. ÉTAT DES LIEUX DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE TOUCOUNTOUNA	34
4.1. PRÉSENTATION DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE TOUCOUNTOUNA.....	34
4.2. FORAGE ET TRAITEMENT	34
4.2.1. Description	34
4.2.2. Diagnostic	36
4.3. OUVRAGE DE STOCKAGE	37
4.3.1. Description	37
4.3.2. Diagnostic	38
4.4. RÉSEAU DE DISTRIBUTION	39
4.4.1. Description	39
4.4.2. Diagnostic	40
V. DONNÉES DE BASE ET MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET ÉQUIPEMENTS.....	41
5.1. DONNÉES DE BASE	41
5.1.1. Zones à couvrir	41
5.1.2. Populations concernées	43
5.1.3. Besoins en eau	44
5.1.4. Hypothèses de desserte.....	46
5.2. DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES ET GÉOPHYSIQUES.....	47
5.2.1. Données hydrogéologiques et géophysiques	47
5.2.2. Données hydrologiques.....	49
5.3. MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET ÉQUIPEMENTS	51
5.3.1. Production.....	51
5.3.2. Stockage	51
5.3.3. Réseau de canalisations	51
5.3.4. Modélisation du réseau	53
5.3.5. Ouvrages annexes au réseau de distribution	55
5.3.6. Groupes électrogènes.....	59
5.3.7. Transformateurs.....	60

VI. ÉTUDE DES VARIANTES D'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE	61
6.1. PRODUCTION ET TRAITEMENT D'EAU BRUTE	61
6.1.1. Estimation des besoins en eau.....	61
6.1.2. Bilan besoins – ressources disponibles.....	61
6.1.3. Production d'eau brute	62
6.1.4. Traitement.....	62
6.2. RÉSEAU DE DISTRIBUTION	67
6.2.1. Topographie de la ville	67
6.2.2. Options de réseau de distribution	69
6.2.3. Proposition d'une option à retenir	74
6.3. SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE PROPOSÉ	75
6.3.1. Production d'eau brute	75
6.3.2. Traitement.....	75
6.3.3. Stockage	76
6.3.4. Distribution	77
6.3.5. Télégestion	78
6.3.6. Récapitulatif	81
6.3.7. Estimation sommaire des coûts et phasage	83
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	88
ANNEXES	89

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Estimation sommaire des coûts par phase	19
Tableau 2 : Personne rencontrées	26
Tableau 3 : Organisation administrative de la commune de Toucountouna.....	28
Tableau 4 : Formations sanitaires de la commune	29
Tableau 5 : Répartition de la population selon sexe par arrondissement.....	31
Tableau 6 : Tendances d'évolution de la population par arrondissement (2013 - 2021)	31
Tableau 7 : Les principaux groupes sociolinguistiques de la commune.....	31
Tableau 8 : Arrondissements et populations 2013 de la commune de Toucountouna	41
Tableau 9 : Localités et populations de l'arrondissement de Toucountouna	42
Tableau 10 : Localités et populations prises en compte pour la commune de Toucountouna.....	43
Tableau 11 : Populations aux différents horizons considérés	44
Tableau 12 : Volumes d'eau facturés de 2015 à 2019.....	44
Tableau 13 : Récapitulatif des données de caractérisation hydrogéologique.....	49
Tableau 14 : Caractéristiques de la retenue d'eau de Toucountouna	49
Tableau 15 : Évaluation des besoins en eau	61
Tableau 16 : Capacités de la station de traitement aux différents horizons	62
Tableau 17 : Dimensionnement des filtres.....	64
Tableau 18 : Dimensionnement des ouvrages et équipements de désinfection.....	67
Tableau 19 : Avantages et inconvénients des variantes de traitement	74
Tableau 20 : Récapitulatif des extensions de conduites secondaires et tertiaires.....	78
Tableau 21 : Récapitulatif du système d'AEP proposé	82
Tableau 22 : Estimation sommaire des coûts totaux	84
Tableau 23 : Estimation sommaire des coûts par phase	86

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des villes du projet.....	24
Figure 2 : Situation géographique de la commune de Toucountouna.....	27
Figure 3 : Zones couvertes par le réseau d'AEP existant.....	40
Figure 4 : Localités retenues pour Toucountouna	43
Figure 5 : Provinces hydrogéologiques du Bénin.....	47
Figure 6 : Unités hydrogéologiques détaillées des AEP des villes concernées.....	48
Figure 7 : Image Google Earth de la retenue d'eau de Toucountouna	50
Figure 8 : Courbe de modulation	54
Figure 9 : Représentation schématique d'un filtre à sable	65
Figure 10 : Carte topographique de la ville de Toucountouna	69
Figure 11 : Balance en eau option 1.....	71
Figure 12 : Fonctionnement du château d'eau option 1	71
Figure 13 : Distribution des pressions option 1.....	72
Figure 14 : Balance en eau option 2.....	73
Figure 15 : Fonctionnement des deux châteaux d'eau option 2.....	73
Figure 16 : Distribution des pressions option 2.....	74
Figure 17 : Synoptique type de l'agencement des forages	75
Figure 18 : Profil hydraulique type de la station de traitement	76
Figure 19 : Illustration de la configuration du réseau de distribution	77
Figure 20 : Réseau d'alimentation en eau potable proposé pour la ville de Toucountouna	83

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Vue du forage F1	35
Photo 2 : Bac de chloration et pompe doseuse	36
Photo 3 : Dégradations observées sur le bâtiment du site du forage	37
Photo 4 : Vue du château d'eau	38
Photo 5 : Dégradations observées sur le château d'eau	39
Photo 6 : Retenue d'eau de Toucountouna et son chenal	50

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AEP	: Approvisionnement en Eau Potable
APD	: Avant-Projet Détaillé
APS	: Avant-Projet Sommaire
BF	: Borne Fontaine
BP	: Branchement Particulier
CIRA	: Conseil Ingénierie et Recherche Appliquée
Cph	: Coefficient de pointe horaire
Cpj	: Coefficient de pointe journalière
Cps	: Coefficient de pointe saisonnière
CSA	: Centre de Santé d'Arrondissement (CSA)
CSC	: Centre de Santé Communal (CSC)
CSC	: Centre de Santé Confessionnel et Clinique
CTAF	: Cellule Technique d'Aménagement des Forêt
CTB	: Coopération Technique Belge
DAO	: Dossier d'Appel d'Offres
DGEau	: Direction Générale de l'Eau
DGR	: Direction du Génie Rural
DI	: Dispensaire Isolé (DI)
DE	: Diamètre extérieur
EIES	: Étude d'Impact Environnemental et Social
GPS	: Global Positioning System
HMT	: Hauteur Manométrique Totale
IGN	: Institut Géographique National
KVA	: Kilovoltampère
l/hab/j	: Litre par habitant par jour
MI	: Maternité Isolée (MI)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
OMD	: Objectifs du Millénaire pour le Développement
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PAG	: Programme d'Actions du Gouvernement
PAPF	: Programme d'Aménagement Participatif des Forêts
PEHD	: Poly-Éthylène Haute Densité
PEHD	: Polyéthylène haute densité
PH	: Potentiel Hydrogène
PMI	: Petit et Moyenne Industrie
ProCGRN	: Programme de Conservation et de Gestion des Ressources Naturelles
PVC	: Polychlorure de Vinyle
RGPH4	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RGPH4	: Recensement Général de la Population, de l'Habitat et de l'Élevage
SBEE	: Société Béninoise d'Énergie Électrique
SCDA	: Secteur Communal de Développement Agricole
SDAC	: Schéma Directeur d'Assainissement Communal
SONEB	: Société Nationale des Eaux du Bénin
SONES	: Société Nationale des Eaux du Sénégal
TdR	: Termes de Référence
TN	: Terrain Naturel

UCComCVPC : Union Communale des Coopératives Villageoises des Producteurs de Coton
UCCoopMa : Union Communale des Coopératives de Producteurs Maraîchers
UCCPA : Union Communale des Coopératives de Producteurs
UCCPR : Union Communale des Coopératives de Producteurs de Riz
USB : Universal Serial Bus

I. RÉSUMÉ

❑ **SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE EXISTANT**

Le système de production, de traitement, de stockage et de distribution d'eau potable de la ville de Toucountouna compte :

- ◆ Deux (02) forages dont un (01) non équipé ;
- ◆ Une (01) unité de désinfection ;
- ◆ Un (01) château d'eau ;
- ◆ Un réseau de canalisation.

Le système a été mis en service en 1993.

❖ **Forage et traitement**

Le forage se trouve au Nord-Est de la ville sur le même site que la SONEB et a été réalisé en 1987. La pompe installée actuellement dans le forage F1 date de 2019 et a les caractéristiques suivantes :

- ◆ Débit : 8 m³/h ;
- ◆ HMT : 74 m ;
- ◆ Puissance : 3 KW.

Le site comporte un local chloration, un local pour l'armoire de commande des pompes et un local groupe électrogène. Le local chloration est composé d'un (01) bac de 140 l, d'une pompe doseuse de 10 l/h à 16 bars et d'un (01) agitateur. L'injection de l'hypochlorite de calcium se fait directement sur la conduite de refoulement d'eau traitée.

Les équipements du forage et de traitement sont alimentés en électricité grâce à la SBEE avec un compteur de 400 V – 30 A. La SBEE reste la seule source d'énergie disponible sur le site.

Au niveau du site, il existe un paratonnerre et une prise de terre. Le bâtiment du site présente des dégradations sur les faces extérieures et intérieures des murs et sur certaines maçonneries accessoires. On observe en général des fissures mineures et importantes, des épaufrures sur les éléments en maçonnerie et en béton armé. Il a été également relevé des défauts de lampes et autres câblages vétustes. Le forage est dans un état de fonctionnement correct.

Pour la préparation de la solution d'hypochlorite de calcium, l'agitation se fait manuellement car l'agitateur est en panne donc il est à remplacer.

Un groupe électrogène avec coffret de commutation automatique est à pourvoir sur le site car la SBEE reste la seule source d'énergie disponible. L'armoire de commande des pompes nécessite une maintenance avec le remplacement des instruments de mesure (voltmètre, ampèremètre et fréquencemètre) ainsi que la filerie et la signalisation.

❖ **Ouvrage de stockage**

Le réseau d'alimentation en eau potable de Toucountouna compte un château d'eau. Il a une capacité de 50 m³ sur 10 m de hauteur sous-radier.

Le château d'eau est alimenté par une conduite en PVC DE 90 mm. Il joue un rôle d'équilibre car il y a du service en route et permet également d'alimenter une partie de la ville.

Le château d'eau présente des dégradations surtout au niveau de la base où un affaissement des dalles a été constaté. On note aussi des fissures sur l'enduit réalisé à la base de l'ouvrage et sur le regard. On note également au niveau du soubassement de la clôture, des fissures.

Les photos suivantes montrent les dégradations observées sur le château d'eau.

❖ Réseau de distribution

Le réseau de distribution de la ville de Toucountouna est constitué de conduites en PVC DE 110 mm à DE 75 mm et ne couvre pas toute la ville. Il fait un linéaire total de 6 Km.

Le réseau existant de la ville est globalement en bon état. Cependant, des renforcements et des extensions de réseau sont nécessaires pour couvrir toute la ville.

❑ ESTIMATION DES BESOINS EN EAU POTABLE

❖ Zones couvertes

Pour la détermination des zones à couvrir, la méthodologie générale utilisée consiste à déterminer :

- ◆ les différents arrondissements de la commune de Toucountouna ainsi que leur statut urbain ou rural selon le classement de l'Agence Nationale de la Statistique et de l'Analyse Économique (ANSAE) ont été déterminés ;
- ◆ Les localités incluses dans chaque arrondissement urbain avec leurs coordonnées géographiques afin de les localiser sur une carte. La détermination des arrondissements à couvrir prend également en compte des consignes de la SONEB qui souhaite que certains arrondissements classés ruraux soient intégrés au vu de la spécificité de ces derniers ;
- ◆ Les localités à retenir finalement sur la base des considérations suivantes :
 - Situation géographique : dans un rayon de 15 km par rapport à la localité centre de l'arrondissement. La distance est déterminée en suivant l'axe routier ou la piste la plus courte entre les deux (02) localités ;
 - Être une zone avec un habitat régulier ;
 - Ne pas être pris en compte dans le cadre des projets de l'Agence National d'Approvisionnement en Eau Potable en Milieu Rural (ANAEPMR).

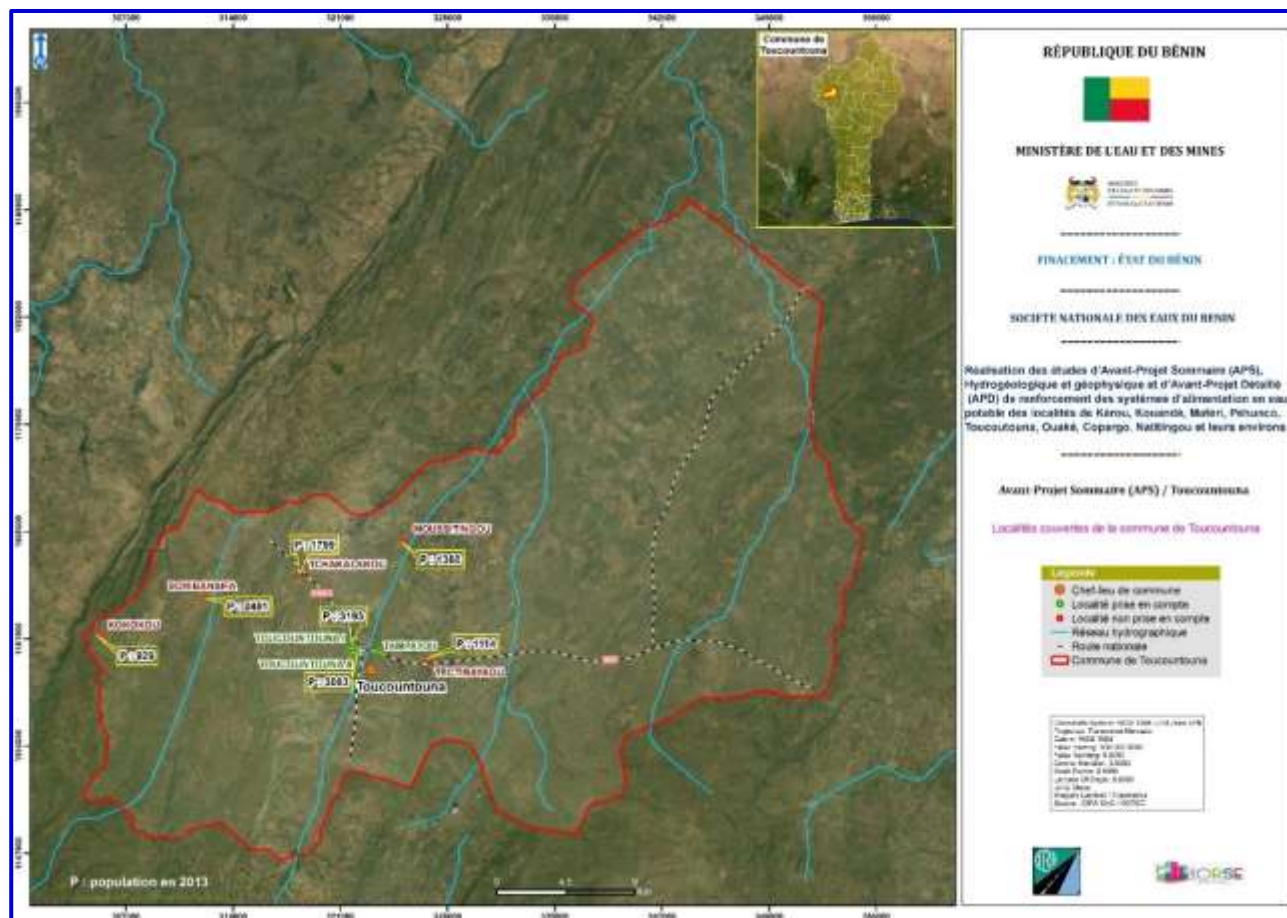
Cette méthodologie est basée sur les discussions menées avec la SONEB sur les versions antérieures des rapports et sur les recommandations de l'atelier de validation des rapports tenu le 18 Mars 2022. Les arrondissements concernés sont les arrondissements classés « urbains » par l'ENSEA. Il apparaît que parmi les trois (03) arrondissements composant la commune de Toucountouna, seul l'arrondissement de Toucountouna est classé urbain.

Cependant, bien que l'arrondissement de Toucountouna soit entièrement classé urbain, certaines parmi les localités qui la composent ont un caractère rural (non loti, habitat dispersé) de telle sorte que la SONEB n'y intervient pas.

En considérant les deux (02) critères suivants qui doivent être respectés cumulativement :

- ◆ la localité doit être située au plus à 15 km de Toucountouna centre ;
- ◆ la localité doit avoir un habitat structuré.

La carte suivante donne les localités retenues avec les populations selon le recensement de 2013.



❖ Populations

Les localités considérées et les populations correspondantes pour l'année 2013 sont indiquées dans le tableau suivant.

Villages ou quartiers de ville administratifs	Population 2013	Distance par rapport à Toucountouna Centre (Km)	Population prise en compte	Observations
BORIBANSIFA	2 451	10.39		Localité non lotie
KOKOKOU	929	16.75		Localité non lotie
MOUSSITINGOU	1 360	7.97		Localité non lotie
TAMPATOU	2 401	1.57	2 401	
TCHAKALAKOU	1 799	6.17		Localité non lotie
TECTIBAYAOU	1 114	4.86		Localité non lotie
TOUCOUNTOUNA I	3 193	0	3 193	
TOUCOUNTOUNA II	3 083	0.40	3 083	
Total	16 330		8 677	

Pour un taux de croissance 2.54% et une évolution de type exponentiel les populations estimées aux différents horizons sont indiquées dans le tableau suivant.

Années	2013	2020	2021	2025	2030	2035
Population	8 677	10 342	10 605	11 724	13 291	15 067

❖ Facteurs déterminants de la demande en eau

➤ Consommations spécifiques

Pour prendre en compte l'augmentation du niveau de vie et la disponibilité en eau à l'horizon du projet qui ont pour conséquence un accroissement des consommations en eau potable, et suite aux observations sur la version provisoire du rapport, les consommations spécifiques suivantes ont été considérées :

- ◆ 2025 : 35 l/hab/j
- ◆ 2030 : 40 l/hab/j
- ◆ 2035 : 45 l/hab/j

➤ Coefficients de majoration retenus

Pour les besoins en eau du projet, les propositions suivantes sont faites en ce qui concerne les coefficients de majoration à appliquer :

- ◆ Rendement du réseau de distribution : 85% ;
- ◆ Pertes de production : 5%;
- ◆ Coefficient de pointe saisonnière : 1.10 ;
- ◆ Coefficient de pointe journalière : 1.10.

Par ailleurs le temps de fonctionnement des ouvrages de production et de traitement d'eau brute par jour est de 15 heures.

❖ Besoins en eau et bilan

Les résultats des calculs de débits sont synthétisés dans le tableau suivant pour les horizons 2025, 2030 et 2035. Les calculs détaillés ainsi que les formules de calcul sont donnés en annexes (annexe 1).

Années	Population	Besoins nets journaliers Q_j (m ³ /j)	Besoins journaliers (m ³ /j) y/c pertes distribution Q_d	Besoins journaliers (m ³ /j) y/c de production Q_p	Débit moyen horaire eau brute à traiter (m ³ /h) Q_b
2025	11 724	497	571	600	40
2030	13 291	643	740	777	52
2035	15 067	820	943	991	66

Les besoins totaux moyens en eau brutes pour l'horizon 2035 sont de 991 m³/j par jour soit 66 m³/h pour 15 heures de fonctionnement par jour. Ce débit sera arrondi à 70 m³/h pour la suite du projet.

Le déficit de production d'eau brute sera de **30 m³/h** en 2025. Elle augmentera jusqu'à **60 m³/h** en 2035 en passant par **45 m³/h** en 2030 avec les hypothèses considérées et pour une couverture à 100% des besoins.

❑ DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

Le récapitulatif des données de caractérisation hydrogéologique de la zone de Toucountouna est donné dans le tableau suivant.

❖ Données hydrogéologiques

Formation géologique	Contexte hydrogéologique	Débit minimum d'un forage déclaré positif (m³/h)
	« Confère Carte hydrogéologique du Bénin et notice »	
Quartzite, schiste, schiste sérécito-quartzueux, grès, conglomérat; Gneiss à biotite, amphibolite ; Granite et granodiorite à grain moyen et fin, granite-gneiss, migmatites	Socle ; Unité hydrogéologique 20, 21 et 31	15

Au total, 15 implantations de forages ont été réalisées pour la ville de Toucountouna (Voir rapport hydrogéologique). Leurs caractéristiques sont données dans le rapport hydrogéologique et géophysique.

❖ Données hydrologiques

La commune de Toucountouna dispose d'une seule retenue d'eau qui est située à environ 7 km de Toucountouna-centre. C'est une retenue de petite taille dont la superficie du plan d'eau est de 2,9 ha. La retenue présente des signes de vieillissement et son chenal est en ruine. La commune de Toucountouna ne dispose pas de retenus susceptibles de fournir une eau de qualité et en quantité pour l'alimentation en eau potable de la ville.

❑ OPTIONS D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE ÉTUDIÉES

❖ Production d'eau brute

Il n'existe pas de sources de surface douces dans les environs de la ville de Toucountouna. La seule source d'eau brute reste donc de l'eau de souterraine à exploiter par forages.

D'après les résultats des études géophysiques, les débits escomptés des forages dans la ville de Toucountouna varient entre un minimum de 10 m³/h et un maximum de 15 m³/h. En considérant un débit minimum de 10 m³/h (pour rester du côté de la sécurité), le nombre de forages nécessaires pour satisfaire la demande supplémentaire 06.

Au total, 07 forages dont celui existant permettront de produire un débit de 70 m³/h.

❖ Traitement

Le forage actuel produit une eau dont la qualité ne nécessite pas un traitement complexe. Seulement une chloration est réalisée. Les données des eaux brutes des forages ne sont pas encore disponibles. Cependant, pour tenir compte des observations sur la version provisoire de la SONEB, il est proposé un traitement comportant :

- ◆ Une (01) tour de dégazage;
- ◆ Une (01) filtration ;
- ◆ Une (01) désinfection par chloration.

Le principe de traitement sera le suivant :

- ◆ L'eau refoulée des forages sera recueillie dans la tour de dégazage. Une soufflante d'air permettra de fournir à l'eau la quantité d'air nécessaire à son aération. La tour de dégazage aura pour rôle de Stripper les gaz (CO_2 , H_2S ...) en réduisant la teneur en CO_2 à 20-15mg/l et en H_2S à 0.2-0.1mg/l. Il permet également de diminuer la teneur en fer en cas de nécessité ;
- ◆ À la sortie de la tour, l'eau est recueillie dans un canal de répartition. Ce canal permet de répartir l'eau aérée dans les filtres ;
- ◆ Ensuite suit l'étape de la filtration qui se fera sur filtre à sable rapide. On disposera de deux (02) filtres parallèles par filière pour plus de souplesse dans l'exploitation ;
- ◆ L'eau filtrée est par la suite récupérée dans un réservoir d'eau traitée où elle sera désinfectée à l'hypochlorite de calcium.
- ◆ Un poste de pompage air eau est prévue pour le lavage des filtres. L'eau de lavage est prélevée de la bache d'eau traitée;
- ◆ Une station de pompage de reprise permettra alors de refouler les eaux traitées vers la distribution.

La station est conçue pour une capacité de traitement de **70 m³/h**.

❖ **Réseau de distribution**

La ville de Toucountouna dispose actuellement d'un château d'eau en béton de 50 m³ en bon état de fonctionnement. Cette capacité de stockage représente 6% des besoins en eau de la ville en 2035 ce qui est très faible. Sur la base de cet existant, deux (02) options de réseau de distribution sont proposées.

- ◆ Une 1^{ère} option consistant à maintenir le château d'eau existant et à proposer des extensions et renforcements nécessaires pour que l'ensemble fonctionne avec ce même château d'eau sachant que l'autonomie du système ne sera que de 1.20 heures ;
- ◆ Une 2^{ème} option consistant à proposer un château d'eau de 200 m³ au niveau du même site que le château d'eau existant ce qui portera la capacité totale de stockage à 200 m³ soit 24% des besoins moyens journaliers en 2035.

Le tableau suivant donne une analyse comparative du réseau de distribution pour les deux (02) options.

Options	Principales caractéristiques	Avantages	Inconvénients
Option 1	- Les forages vont refouler directement vers le château d'eau existant de 50 m³ qui alimentera de manière gravitaire la ville - PEHD DE 160 mm : 6 394ml - PEHD DE 110 mm : 12 649 ml - Pressions aux nœuds comprises entre -4.27 bars et 3.6 bars	- Moins onéreux - Permet un fonctionnement correct du réseau quelques heures par jour en 2035 en maintenant tous les ouvrages existants.	Coupure d'eau dans les zones hautes pendant les périodes de fortes consommation
Option 2	- Tous les forages refoulent vers les deux châteaux d'eau : l'ancien de 50 m³ et le nouveau de 200 m³. - Toute la ville sera ainsi alimentée à partir des deux châteaux d'eau qui seront connectés sur la même conduite principale de distribution existant renforcé avec les canalisations suivantes : - PVC DE 160 mm : 6 394 ml - PVC DE 110 mm : 12 649 ml - Pressions aux nœuds comprises entre 0.50 bars et 4.80 bars	De bonnes pressions sur le réseau à tout moment	Plus onéreux

Sur la base de cette comparaison, il est proposé de retenir l'option 2 pour la suite du projet. En effet, bien qu'elle soit plus onéreuse du fait du nouveau château d'eau cette option, est la plus intéressante par ce qu'elle permet un fonctionnement optimal des pompes des forages du fait que le volume de stockage est appréciable. Par ailleurs, la hauteur du nouveau château d'eau permet de disposer de bonnes pressions sur l'ensemble de la ville.

❑ **SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE PROPOSÉ**

❖ **Production d'eau brute**

La production d'eau brute est assurée par des forages réalisés dans la ville et ses environs immédiats. Les sites d'implantation des forages sont indiqués dans le rapport hydrogéologique et géophysique. Ils seront confirmés à l'issue des travaux de forages prévus et les positions définitives données dans le rapport d'APD.

Au total, il est prévu **07 forages** :

- ◆ **01 forages existant** qui sera réhabilité : murs de clôture, cabine de pompage, reprise du refoulement, robinetterie et vannes, soufflage etc.
- ◆ **06 nouveaux forages** pour un débit unitaire moyen de **10 m³/h**.

La production totale est de **70 m³/h**.

❖ **Traitement**

Le traitement des eaux se fera au niveau d'une nouvelle station de traitement pour une capacité totale de **70 m³/h**.

La station sera réalisée sur le même site que le réservoir existant et comprendra :

- ◆ Une tour de dégazage;
- ◆ Une filtration ;
- ◆ Une désinfection par chloration.

❖ **Stockage**

Le stockage des eaux traitées, outre la bache à eau traitée qui se trouve dans l'enceinte de la station de traitement comprendra un château d'eau existant de capacité 200 m³ en lieu et place du réservoir existant.

❖ **Distribution**

Le réseau de distribution comprend :

- ◆ Le réseau existant maintenu réhabilité : il s'agit des conduites dont le diamètre est insuffisant aux vues des extensions prévues: Elles sont remplacées par des conduites en PEHD :
 - La conduite principale DE 90 mm quittant le château d'eau allant vers Kpentikou au Nord de la ville sur la RNIE3 devra être remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations. De même, la conduite qui passe de l'autre côté de la route en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm ;
 - La conduite principale DE 75 mm qui passe devant la Mairie pour aller vers Toucountouna I au Sud de la ville sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations. De même, la conduite qui passe de l'autre côté de la route en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm ;
 - La conduite qui part du centre-ville en DE 90 mm pour continuer vers l'Est en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 110 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations ;
 - Des conduites en DE 75 mm seront remplacées par des conduites en PEHD DE 110 mm pour pouvoir alimenter correctement les zones de Forgou, Bolomkondé et Kpentikou I.
- ◆ Le nouveau réseau principal prévu:
 - Conduites principales en PEHD DN 110 mm à DN 160 mm pour un linéaire total de 19 043 ml ;
 - Des conduites secondaires et tertiaires de diamètres 90 mm et 75 mm, les superficies des zones d'extension sont considérées et des ratios par hectare sont calculés en se basant sur la configuration du bâti et du réseau existant. Pour un ratio de 120 ml/ha et une superficie totale de 200 ha, le linéaire total de canalisations secondaires et tertiaires est de 37 000 ml réparti comme indiqué dans le tableau suivant.
 - PVC DE 90 PN 10 : 11 100 ml
 - PVC DE 75 PN 10 : 25 900 ml.

❖ Récapitulatif

Sur base des variantes de traitement et options d'extension de réseau, le système d'alimentation en eau potable proposé pour l'amélioration de la desserte en eau de la ville de Toucountouna les éléments récapitulés dans le tableau suivant.

Désignations	Infrastructures
Production d'eau brute	07 forages pour un débit total de 70 m³/h comprenant : ➤ 01 forage existant qui seront réhabilités : murs de clôture, cabine de pompage, reprise du refoulement, robinetterie et vannes, soufflage etc. ➤ 06 nouveau forages pour un débit unitaire moyen de 10 m³/h.
Traitement	Une nouvelle station de traitement de capacité 70 m³/h en eau brute comprenant : ○ Tour de dégazage ➤ Dimensions : 2.00 m x 2.00m; ➤ Hauteur totale : 4.00 m; ➤ Hauteur d'eau : 2.00 m ➤ Suppresseur d'aire de capacité 50 m³/h. ○ Filtration ➤ Nombre : 3 unités ➤ Superficie : 8 m² ○ Bâche à eau traitée : 70 m³ ○ Désinfection : ○ Des pompes d'injection dans 02 pompes de capacité 15 l/h en configuration 1+1 (une pompe en fonctionnement et une en secours) et un bac en PEHD de volume 300 l. ❖ Refoulement eau traitée : Deux pompes de refoulement d'eau traitée (1 + 1) de capacité unitaire 66 m³/h vers le château d'eau ❖ Ouvrages annexes ○ Une salle des machines abritant les pompes de refoulement des eaux traitées au-dessus de la bâche d'eau traitée avec une toiture qui surplombera également les filtres. ○ Un local technique comprenant une salle de contrôle, un magasin de conservation des réactifs où seront installées les pompes doseuses et les bacs des réactifs ainsi qu'un magasin de stockage des pièces de rechange.
Stockage	Un nouveau château d'eau en béton de volume 200 m ³ avec une hauteur sous radier de 20 m
Réseau de distribution	Réseau de distribution en PEHD pour un linéaire total de 56 043 ml ◆ Réseau primaire de 19 043 ml ➤ DE 160 mm : 6 394 ml ➤ DE 110 mm : 12 649 ml ◆ Réseau secondaire et tertiaire de 37 000 ml ➤ DE 90 mm : 11 100 ml ➤ DE 75 mm : 25 900 ml

❖ Estimation sommaire des coûts

Les coûts d'investissements sont estimés sur la base de ratios issus de projets similaires étudiés ou exécutés au Bénin. Pour prendre en compte les incertitudes liées au niveau de détail dans cette étape de l'étude, une majoration de 15% a été considérée. Les coûts sont évalués en FCFA constant et hors taxes. Le tableau suivant donne l'estimation des coûts pour l'horizon 2035.

Trois phases de travaux sont identifiées :

☐ **Une phase de travaux prioritaire : travaux à partir de 2022 pour les besoins de 2025**

- ◆ Production d'eau brute : Réalisation de 04 nouveaux forages et réhabilitation du forage existant;
- ◆ Construction de la nouvelle station de traitement pour sa capacité maximale : 70 m³/h;
- ◆ Construire le nouveau château d'eau de 200 m³;
- ◆ Poser les nouvelles conduites principales d'extensions prévues pour desservir toutes les localités et quartiers de Toucountouna;
- ◆ Prévoir un linéaire de 50% des conduites secondaires et tertiaires afin de couvrir les limites actuelles des habitations.

Cette phase devra permettre de satisfaire les besoins de 100% des populations des zones concernées en 2024 pour atteindre les objectifs fixés par le gouvernement Béninois pour cet horizon.

☐ **Une phase de travaux à court terme : travaux à partir de 2025 pour les besoins de 2030**

- ◆ Production d'eau brute : Réalisation de 02 forages supplémentaires;
- ◆ Linéaire de 25% des conduites d'extensions.

☐ **Une phase de travaux à long terme: travaux à partir de 2030 pour les besoins de 2035**

- ◆ Production d'eau brute : Réalisation de 01 forage supplémentaire;
- ◆ Linéaire de 25% des conduites d'extensions.

Le tableau suivant donne un récapitulatif du phasage et des coûts associés.

Tableau 1 : Estimation sommaire des coûts par phase

N°	Désignation	Montant total (FCFA)	Phase d'urgence (2025)		Phase court terme (2030)		Phase long terme (2035)	
			Quantité	Montant total (FCFA)	Quantité	Montant total (FCFA)	Quantité	Montant total (FCFA)
A	Production d'eau brute							
A.1	Réalisation de Forage positif de débit 10 m³/h y compris tous les essais	217 000 000	4	124 000 000	2	62 000 000	1	31 000 000
A.2	Réhabilitation de forages existant y compris tous les essais	31 000 000	1	31 000 000	-	-	-	-
A.3	Fourniture et pose d'une pompe de débit 10 m³/h et HMT = 80 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	13 600 000	5	8 500 000	2	3 400 000	1	1 700 000
A.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 30 KVA y compris cuve à gazoil	200 000 000	5	125 000 000	2	50 000 000	1	25 000 000
A.5	Construction de locaux gardien et abris groupe électrogène	28 000 000	5	17 500 000	2	7 000 000	1	3 500 000
A.6	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 110 mm PN 10	100 000 000	2 500	62 500 000	1 000	25 000 000	500	12 500 000
A.7	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 160 mm PN 10	58 000 000	1 250	36 250 000	500	14 500 000	250	7 250 000
A.8	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 200 mm PN 10	198 400 000	6 400	198 400 000	-	-	-	-
A.9	Équipements électriques et de commande des forages	176 000 000	5	110 000 000	2	44 000 000	1	22 000 000
Total	production d'eau brute	1 022 000 000		713 150 000		205 900 000	-	102 950 000
B	Traitement							
B.1	Tour de dégazage	15 200 000	16	15 200 000	-	-	-	-
B.2	Filtres à sable	38 400 000	24	38 400 000	-	-	-	-
B.3	Bassin d'eau traitée	6 300 000	70	6 300 000	-	-	-	-
B.4	Équipements de traitement (pompes, électricité, commandes, dosage, etc.)	53 900 000	1	53 900 000	-	-	-	-
Total	traitement	113 800 000		113 800 000		-	-	-
C	Station de pompage eau traitée							
C.1	Fourniture et pose d'une pompe de débit 66 m³/h et HMT = 50 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	11 600 000	2	11 600 000	-	-	-	-
C.2	Fourniture et pose de conduites PEHD DE 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	1 450 000	50	1 450 000	-	-	-	-
C.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 40 KVA y compris cuve à gazoil	28 000 000	1	28 000 000	-	-	-	-
C.5	Construction d'un local gardien et abris groupe électrogène	3 500 000	1	3 500 000	-	-	-	-
C.6	Local technique	4 000 000	1	4 000 000	-	-	-	-
Total	station de pompage eau traitée	48 550 000		48 550 000		-	-	-

Tableau 1 : Estimation sommaire des coûts par phase (suite)

N°	Désignation	Montant total (FCFA)	Phase d'urgence (2025)		Phase court terme (2030)		Phase long terme (2035)	
			Quantité	Montant total (FCFA)	Quantité	Montant total (FCFA)	Quantité	Montant total (FCFA)
D	Réseau de distribution et château d'eau						-	
D.1	Fourniture et pose de conduites PVC DE 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	185 426 000	6 394	185 426 000	-	-	-	
D.2	Fourniture et pose de conduites PVC DE 110 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	316 225 000	12 649	316 225 000	-	-	-	
D.3	Fourniture et pose de conduites PVC DE 90 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	255 300 000	5 550	127 650 000	2 775	63 825 000	2 775	63 825 000
D.4	Fourniture et pose de conduites PVC DE 75 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	518 000 000	12 950	259 000 000	6 475	129 500 000	6 475	129 500 000
D.6	Construction et équipement d'un Château d'eau de capacité 200 m³/20 m	250 000 000	1	250 000 000	-	-	-	-
Total Réseau de distribution et château d'eau		1 524 951 000		1 138 301 000		193 325 000		193 325 000
Divers et imprévus (15%)		406 395 150		302 070 150		59 883 750		44 441 250
Total général		3 115 696 150		2 315 871 150		459 108 750		340 716 250

La répartition entre les phases se présente comme suit en résumé :

- ◆ **Total : 3.116 milliards FCFA ;**
- ◆ **Phase d'urgence : 2.316 milliards FCFA ;**
- ◆ **Phase moyen terme : 0.459 milliards FCFA ;**
- ◆ **Phase court terme : 0.341 milliards FCFA.**

II. INTRODUCTION

2.1. CONTEXTE DU PROJET

La Société Nationale des Eaux du Bénin exploite actuellement des systèmes d'alimentation en eau potable de tailles très différentes alimentant soixante-neuf (69) chefs-lieux de communes dont Kérou, Kouandé, Matéri, Péhunco, Toucountouna, Ouaké, Copargo, Natitingou et leurs environs.

Au cours des vingt dernières années, ces villes ont connu un développement urbain assez significatif alors que leurs systèmes d'AEP n'ont pas enregistré d'évolution en extension et densification. Seuls quelques travaux de renforcement ont été réalisés dans la ville de Natitingou des dernières années.

Face à cette situation et compte tenu de l'accroissement démographique observé des dernières années dans ces villes, la capacité actuelle de production d'eau des infrastructures hydrauliques s'est révélée insuffisante pour satisfaire convenablement les besoins en eau sans cesse croissants des populations.

Il en résulte que l'alimentation en eau des populations de ces localités est confrontée à de nombreuses difficultés parmi lesquelles on peut citer :

- ◆ le faible taux de desserte en eau ;
- ◆ la mauvaise qualité du service de distribution d'eau (mauvaise pression, coupures d'eau intempestives, etc.) ;
- ◆ l'insuffisance, voire l'absence de réseaux d'eau dans plusieurs quartiers de la ville et leurs périphéries où vivent une grande partie de la population à faibles revenus.

Afin de trouver une solution aux difficultés sus évoquées et en s'inscrivant dans la dynamique du Programme d'Actions du Gouvernement (PAG 2016-2021), la SONEB a initié la mise en œuvre du projet de renforcement des systèmes d'alimentation en eau potable des localités de Kérou, Kouandé, Matéri, Péhunco, Toucountouna, Ouaké, Copargo, Natitingou et leurs environs.

Pour mener à bien ces études, la Ministère de l'Eau et des Mines a retenu le Groupement CIRA SAS / HORSE suite à un appel d'offres.

2.2. OBJECTIFS DU PROJET

L'objectif principal poursuivi par le Maître d'Ouvrage est de disposer dans un premier temps d'une étude de faisabilité et dans un second temps des études techniques détaillées portant sur :

- ◆ L'exploitation des eaux souterraines et/ou de surface à travers l'identification de champs captant et/ou des retenues d'eau dans les localités du projet pour l'alimentation en eau potable des villes concernées et leurs environs ;
- ◆ Un avant-projet sommaire indiquant le coût estimatif des ouvrages à réaliser pour l'alimentation en eau potable desdites villes ainsi que d'une analyse financière des variantes (exploitation, investissements, mesures d'accompagnement) ;
- ◆ Une étude hydrogéologique et géophysique d'implantation de nouveaux forages ou une étude hydrologique pour la construction/exploitation de retenues d'eau ;

- ◆ Des études techniques détaillées et plans d'exécution nécessaires pour la réalisation des travaux de renforcement des capacités de production et des stations de traitement d'eau, de construction des bâches de stockage d'eau, d'extension et de densification des réseaux de distribution, etc.
- ◆ Une évaluation détaillée des besoins en investissement du projet ;
- ◆ Une évaluation des coûts des travaux à réaliser ;
- ◆ Un planning pour l'exécution des travaux.

2.3. PHASAGE DE L'ÉTUDE

La présente étude se déroulera en trois (03) phases comme suit :

- ◆ Phase A : Études d'Avant-Projet Sommaire (APS), hydrogéologiques, géophysiques et d'implantation de forages et/ou retenue d'eau ;
- ◆ Phase B : Contrôle et surveillance des travaux de forages ;
- ◆ Phase C : Études techniques détaillées.

2.4. DONNÉES ADMINISTRATIVES

L'organisation administrative de l'étude se présente comme suit :

- ◆ Sources de financement : État du Bénin ;
- ◆ Maître d'Ouvrage : Ministère de l'Eau et des Mines ;
- ◆ Maître d'Œuvre / Consultant : Groupement CIRA SAS / HORSE ;
- ◆ Date de démarrage de l'étude : 01/06/2021 ;
- ◆ Délai prévisionnel : 08 mois (non compris la validation des livrables).

2.5. LIVRABLES À REMETTRE AU CLIENT

L'ensemble des livrables qui seront remis au Client sont :

- ◆ le rapport de démarrage ;
- ◆ le rapport provisoire des études hydrogéologiques et géophysiques/hydrologiques ;
- ◆ le rapport définitif des études hydrogéologiques et géophysiques/hydrologiques ;
- ◆ le présent rapport provisoire des études d'Avant-Projet Sommaire (APS) ;
- ◆ le rapport définitif des études d'Avant-Projet Sommaire (APS) ;
- ◆ le rapport provisoire d'étude d'impact environnemental et social (EIES) ;
- ◆ le rapport définitif d'étude d'impact environnemental et social (EIES) ;
- ◆ le rapport provisoire des études techniques détaillées (APD) ;
- ◆ le rapport définitif des études techniques détaillées (APD) ;
- ◆ les rapports mensuels de suivi de l'exécution des forages le cas échéant ;
- ◆ le rapport définitif d'exécution des forages ;

- ◆ les rapports spéciaux d'avancement des travaux en cas de besoin ;
- ◆ le dossier technique d'exécution des forages le cas échéant.

2.6. CONTENU ET ORGANISATION DU PRÉSENT RAPPORT

Le présent document constitue la version définitive du rapport d'Avant-Projet Sommaire (APS) et d'identification des options pour la ville de Toucountouna. Il fait suite à l'atelier de restitution tenue le 18 Mars 2022 et aux observations formulées par la SONEB sur la version provisoire. Outre cette présente introduction, il aborde les points suivants :

- ◆ Présentation générale de la commune de Toucountouna ;
- ◆ État des lieux du système d'alimentation en eau potable de la ville de Toucountouna ;
- ◆ Données de base et méthodes de dimensionnement des ouvrages et équipements ;
- ◆ Étude des options d'alimentation en eau potable de la ville.

2.7. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

Le présent projet concerne les villes Kérou, Kouandé, Matéri, Péhunco, Toucountouna, Ouaké, Copargo et Natitingou et leurs environs situées. Les deux villes de Copargo et Ouaké sont situées dans le département de la Donga tandis les six autres sont situées dans celui de l'Atacora. La carte suivante donne leur position dans le territoire béninois.



Figure 1 : Localisation des villes du projet¹

2.8. MÉTHODOLOGIE D'EXÉCUTION DE LA MISSION

La présente mission du projet a été exécutée conformément à la méthodologie développée dans la proposition du Consultant et rappelée dans le rapport de démarrage. À cet effet, les principales activités suivantes ont été menées :

- ◆ Reconnaissance de la zone d'intervention, collecte, revue et analyse documentaire avec pour objectifs
 - Point exhaustif des aménagements faits à date dans le cadre de l'alimentation en eau potable de la ville ;
 - Collecte des données de base (volume d'eau traitée et consommée, données topographiques, etc.).

¹ Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021

◆ État des lieux de l'alimentation en eau potable

- Détermination de la couverture actuelle du réseau existant, zone non ou faiblement desservie ;
- Diagnostic des ouvrages existants : production, traitement, stockage et distribution ;
- Détermination des zones d'extensions et des positions éventuelles des nouveaux châteaux d'eau ;
- Détermination des déficits éventuels aux différents horizons retenus ;
- Identification des dysfonctionnements pour toutes les infrastructures.

◆ Études sectorielles : hydrogéologiques, géophysiques et hydrologiques

Des études hydrogéologiques, géophysiques et hydrologiques ont été menées dans la ville et ses environs. Ces études ont permis de disposer de toutes les informations nécessaires pour déterminer la ou les source(s) d'eaux brutes utilisables pour l'alimentation en eau potable de la ville.

◆ Proposition de solutions

Sur la base de l'état des lieux et du diagnostic des infrastructures existantes, des solutions ont été proposées pour couvrir les besoins en eau de la ville jusqu'à l'horizon 2035.

2.8.1. Réunion de cadrage

Une réunion de cadrage a été tenue le 21 mai 2021 dans les locaux du Ministère de l'Eau et des Mines. L'objectif de cette réunion était d'échanger sur le démarrage de la mission. La réunion a été mise à profit pour :

- ◆ S'assurer que les termes de référence ont été compris de la même manière pour toutes les parties prenantes (SONEB, Consultants) ;
- ◆ Déterminer les modalités de visite des sites : Le Consultant doit soumettre un planning à la SONEB qui se chargera de le diffuser au niveau de ces directions régionales ainsi qu'au niveau des mairies concernées ;
- ◆ S'accorder sur les grandes lignes du contenu des différents livrables ainsi que du planning global.

2.8.2. Visite des sites

Une première visite des sites a été effectuée dans la période du 1^{er} au 12 Juin 2021 dans les huit (08) villes concernées par le projet.

À cette occasion, le Consultant a rencontré :

- ◆ Les responsables des directions départementales de l'Atacora et de la Donga. Au niveau de chaque direction départementale de la SONEB, les responsables ont reçu la mission. Par la suite, ils ont :
 - Fait le point de l'état des lieux de chaque ville concernée ;

- Expliqué les différents problèmes notés sur les systèmes d'alimentation en eau potable existants ;
- Pris contact avec les agents de la SONEB dans les villes concernées par le projet et relevant de sa zone.
- ◆ Les agents de la SONEB au niveau des huit villes concernées : Pour chaque ville, l'ensemble des sites de production, de traitement et de stockage ont été visités. La visite démarre au niveau des sites de production puis de traitement et se poursuit au niveau des infrastructures de stockage, des réseaux existants, pour continuer et se terminer au niveau des zones non encore desservies ;
- ◆ Les mairies des villes concernées : Pour chaque ville, une rencontre avec le maire et ses services a été organisée dès l'arrivée. Cette réunion, en présence des responsables et agents locaux de la SONEB, a été l'occasion d'évoquer les points suivants :
 - Les objectifs et étapes du projet ;
 - Les objectifs et planning de la mission de terrain ;
 - Les problèmes notés par la mairie dans le domaine de l'alimentation en eau potable ;
 - Les éventuels projets ainsi que les préoccupations de la mairie à prendre en compte dans le cadre du projet ;
 - Les zones devant être couvertes dans les environs immédiats de la ville.

Le tableau suivant donne les différentes personnes rencontrées dans la ville.

Tableau 2 : Personne rencontrées

Prénoms et nom	Structure/Fonction
Jonas Sandjougouma	C.D Toucountouna
TISSEGUEH M'po Charlie	SG Mairie

2.8.3. Proposition de solutions

Sur la base des résultats du diagnostic, de l'état des lieux et de l'estimation des besoins, des solutions ont été proposées. Les solutions ont porté sur la production, le traitement et la distribution.

III. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA COMMUNE DE TOUCOUNTOUNA

3.1. DONNÉES PHYSIQUES

3.1.1. Situation géographique

La Commune de Toucountouna est située au Nord-Ouest du Bénin à environ 600 km de Cotonou. Elle est limitée au Sud par la Commune de Natitingou, au Nord par la Commune de Tanguiéta, au Sud-Ouest par la Commune de Boukoubé, et à l'Est par la Commune de Kouandé.

Le chef-lieu de la commune est à environ 25 km de Natitingou, chef-lieu du département de l'Atacora auquel elle appartient. La superficie de la commune est estimée à 1114 km², soit 1,42 % de la superficie nationale. La commune de Toucountouna est accessible par la RNIE3 (Cotonou - Ouagadougou) qui traverse la commune par son tiers inférieur gauche. Cependant les pistes qui conduisent aux communes voisines, aux arrondissements et aux villages sont peut praticables.

La carte suivante donne la situation géographique de la commune de Toucountouna.

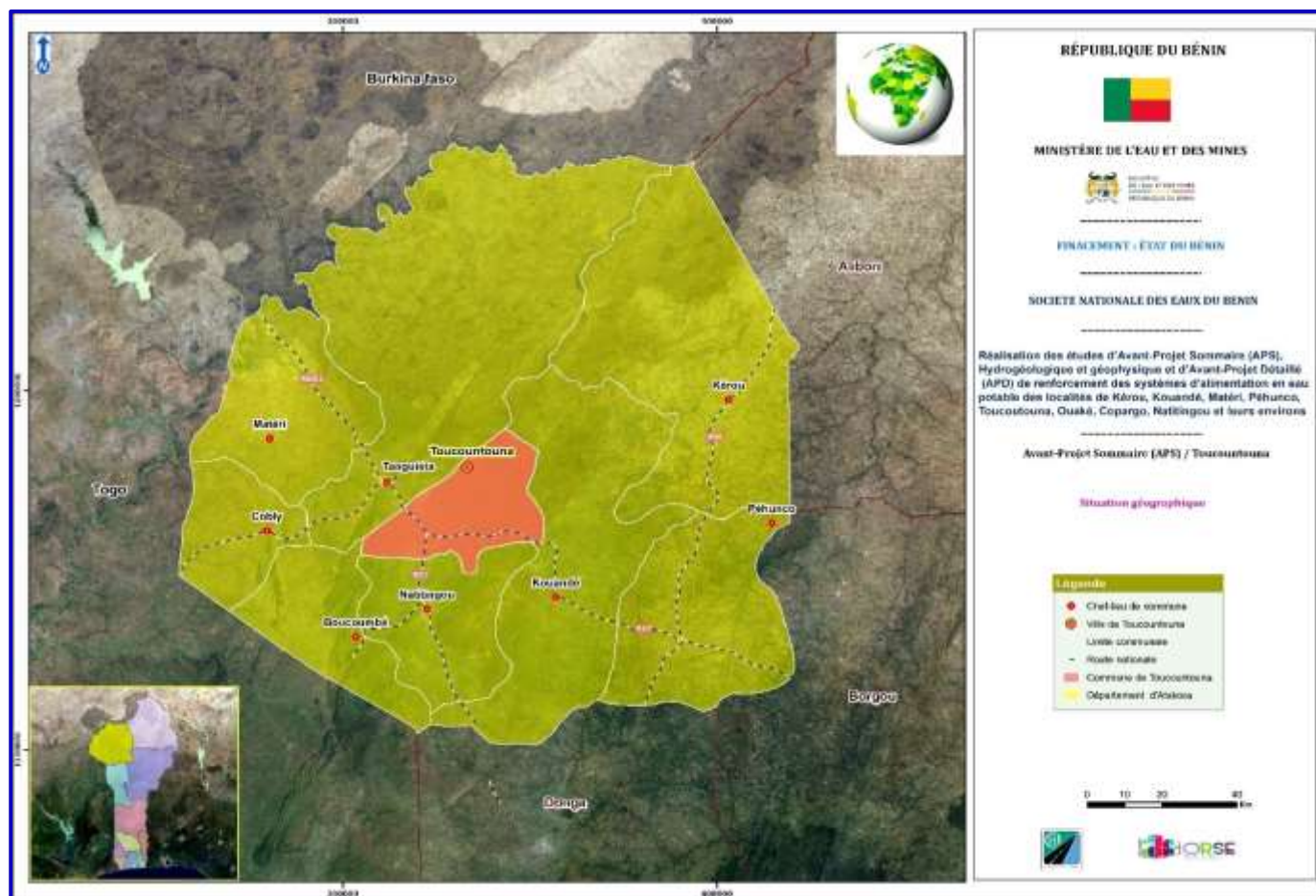


Figure 2 : Situation géographique de la commune de Toucountouna²

² Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021

3.1.2. Organisation administrative

La commune en tant que collectivité est subdivisée en 3 arrondissements (Toucountouna, Tampégré et Kouarfa) et en 30 quartiers de ville et villages selon le dernier découpage des unités administratives locales de mars 2015.

Tableau 3 : Organisation administrative de la commune de Toucountouna

N°	Arrondissement	Villages ou quartiers de ville administratifs	Nombre de villages ou quartiers administratifs	Autres localités
01	Kouarfa	Bouyagnindi, Kouba, Kouarfa, Mouroumborifa, Péperkou, Takissari, Tampobré, Tandafa, Tankokona, Tchoundékou, Wabou.	11	
02	Tampégré	Batitamou, Dikokoré, Cocota, Maco, Nabaga, Tampégré, Tantougou, Tchanhota, Wansokou.	9	Tantanga 2, Yarika, Mousounmoundé, Ditapo, Kouporkou
03	Toucountouna	Boribansifa, Datakou, Fatiya Kokokou, Kpentikou, Moussintingu, Tampatou, Tchakalakou, Tectibayaou, Toucountouna.	10	Tchakifaga, Yanrika, Kokobré, Tchataboya, Pokou
TOTAL			30	

Source : Mairie de Toucountouna, comité technique d'élaboration du PDC III, Enquête de terrain, 2017

3.1.3. Climat et pluviométrie

Le climat est de type Soudano-Guinéen sec avec une saison de pluies de cinq (05) mois (mi-mai à mi-octobre) et une saison sèche de sept (07) mois (mi-octobre à mi-mai). Les précipitations varient entre 1 000 et 1 200 mm Les mois d'août et de septembre sont les plus pluvieux et les mois d'avril et mai sont les plus chauds.

La température moyenne est d'environ 27°C avec des variations de 17°C à 38°C. Les amplitudes thermiques sont fortes entre le jour et la nuit surtout pendant la période de l'harmattan.

3.2. DONNÉES SOCIOÉCONOMIQUES ET HUMAINES

3.2.1. Infrastructures scolaires et sportives

3.2.1.1. Infrastructures scolaires

Les données générales du système éducatif à Toucountouna sont relatives au nombre d'écoles, d'élèves et d'enseignants dans la commune pour l'année scolaire 2016-2017. La commune compte six (06) écoles maternelles dont une (01) privée et cinquante-deux (52) écoles primaires dont cinq (05) privées. L'effectif au cours primaire est de 9314 écoliers dont 4331 filles soient 46,5 %. La commune dispose de 03 Collèges d'Enseignement Général (CEG) ouvert dans chacun des arrondissements de Toucountouna, de Kouarfa et de Tampégré).

3.2.1.2. Infrastructures sportives

Les secteurs des sports, de loisirs et de cultures sont très peu développés dans la commune. En effets la jeunesse de Toucountouna qui représente une frange importante de la population s'adonnent à plusieurs sports dont le plus important est le football pratiqué dans les écoles et les collèges. Ainsi il existe des terrains spontanés de football dans beaucoup de villages en saison sèche et qui disparaissent en saison de pluies. Les terrains de jeux les plus permanent sont localisés dans les chefs-lieux des arrondissements mais n'ont pas encore un statut ferme de domaine public. Les jeunes organisent très souvent des compétitions avec des appuis sporadiques de la mairie. Pour les loisirs des jeunes, la commune dispose de quelques infrastructures dans les grandes agglomérations comme Toucountouna, Kouarfa, Tampégré, Tampobré, Kouba, Takissari, Tchakalakou, Wansokou Boribansifa. Il s'y organise de temps en temps des loisirs comme les bals, la projection des vidéos. À titre d'exemple la maison des jeunes de Toucountouna organise des soirées dansantes et théâtrales, en moyenne 4 fois par année, mais elle organise aussi des bals officiels dès qu'il y a un évènement. Les activités proposées par la maison des jeunes sont surtout de l'animation culturelle et sportive. La maison des jeunes est ouverte aux jeunes tous les soirs et proposent régulièrement des jeux de pétanque et dominos. Le CLAC de Toucountouna reste le seul centre de lecture dont malheureusement les activités ont baissé d'intensités depuis quelques temps.

Les problèmes de ces secteurs sont nombreux, on peut citer :

- ◆ L'insuffisance d'infrastructures (terrains, aire de jeux) ;
- ◆ La faible organisation des compétitions ;
- ◆ L'insuffisance d'activités de loisirs ;
- ◆ La vétusté et manque d'énergie électrique pour certains centres de jeunes ;
- ◆ Le manque de soucis de rentabilisation de ces infrastructures.

3.2.2. Infrastructures sanitaires

La commune de Toucountouna dispose de quatre (04) centres de santé (maternité + dispensaire) et de 02 centres de santé privés. Les trois arrondissements de la commune sont couverts en centre de santé, soit un taux de couverture sanitaire de 100%. Le nombre d'habitants par CS est de 9 189 habitants.

Tableau 4 : Formations sanitaires de la commune

Commune/ZS	Toucountouna	ZS NBT
Arrondissement	3	19
Population en 2013	45 945	253 453
Centre de santé (Dispensaire + Maternité)	3	18
Dispensaire seul	0	0
Maternité seule	0	1
Centre de santé privé	2	13
Arrondissement couvert	3	19
Taux de couverture sanitaire	100%	100%
Nombre hbt/CS	9.189	7.92

Source : SPIRS/DDS-AD, 2015

3.2.3. Urbanisation

Le schéma directeur d'aménagement de la commune de Toucountouna distingue la zone rurale et la zone urbaine. Le Schéma Directeur d'Aménagement identifie pour l'espace rural plusieurs grandes affectations qui sont :

- ◆ **Zone résidentielle rurale** : Cette affectation regroupe tous les villages y compris les chefs-lieux des arrondissements ruraux de Kouarfa et Tampégré. Elle comprend :
 - **Zone agro pastorale** : Elle correspond aux parties où les activités d'agriculture et d'élevage, surtout des bovins, sont prédominantes.
 - **Couloir de passage des bêtes** : Les couloirs de passage des bêtes pour accéder aux pâturages, à l'abreuvement et aux lieux de contention. Ces couloirs permettent le passage des bovins à travers les champs lors des transhumances. Les zones de pâturage et d'abreuvement correspondent aux zones de pâturage de Tchanhorta, de Fatia, de Kouarfa et du nord de Tampobré.
 - **Zone agroforesterie** : La zone forestière définie comprend les secteurs forestiers qui se situent dans le Nord et le Nord Est de la commune, dans les arrondissements de Toucountouna et de Kouarfa.
 - **Zone Forestière** : Ce sont des secteurs agricoles situés au voisinage des berges des cours d'eau, des barrages ou autres ressources en eau dont la dégradation par érosions pourrait entraîner celle des ressources en eaux situées en aval. Cette zone concerne les territoires attenants les forêts galeries.
 - **Site de gestion des déchets** : La zone ciblée possède les caractéristiques d'un site adapté pour le traitement durable des ordures et des autres types de déchets de la commune.
- ◆ **Zones destinées à l'urbanisation** : il s'agit essentiellement du principal pôle urbain de la commune qui est le centre-ville de Toucountouna, qui représente la zone de forte concentration de la population. C'est le chef-lieu de la commune qui est à la fois une ville administrative, commerciale mais qui présente aussi des potentialités touristiques et culturelles. Cette affectation concerne aussi les grandes agglomérations notamment Kouarfa, Tampégré, Wansokou, Boribansifa, Kouba et Tampobré, etc.

3.2.4. Populations

☐ Population actuelle et évolution

La population de la commune de Toucountouna était de 39 779 habitants au 4^{ème} recensement de la population réalisé 2013, il est estimé à 43 960 habitants en 2017.

Le tableau suivant donne la population de la commune par arrondissement. L'arrondissement central concentre à lui seul 41,05 % de la population, suivi de Kouarfa (33,12 %), Tampégré (25,96 %). Le nombre total des ménages est de 5 381 avec une taille moyenne des ménages qui est de 7,4.

Tableau 5 : Répartition de la population selon sexe par arrondissement

Arrondissement	Total	Masculin	Féminin	Nombre ménages	Taille ménage
Kouarfa	13 176	6 515	6 661	1 752	7,5
Tampégré	10 273	4 989	5 284	1 435	7,2
Toucountouna	16 330	7 938	8 392	2 194	7,4
Commune	39 779	19 442	20 337	5 381	7,4

Source : INSAE (RGPH 4), 2013

La population de la commune a cru considérablement depuis 1979 passant de 15 196 habitants à 21 223 habitants en 1992, à 30 154 habitants en 2002, pour atteindre 39 779 personnes en 2013. Ainsi la population de la commune a été multipliée par 2,61 fois en 34 ans le temps d'une génération.

Tableau 6 : Tendances d'évolution de la population par arrondissement (2013 - 2021)

Arrondissements	Population									
	2013	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Kouarfa	13 176	14 561	14 929	15 307	15 694	16 091	16 498	16 916	17 344	17 783
Tampégré	10 273	11 353	11 640	11 934	12 236	12 546	12 863	13 189	13 523	13 865
Toucountouna	16 330	18 046	18 503	18 971	19 451	19 943	20 448	20 965	21 495	22 039
Total	39 779	43 960	45 072	46 213	47 382	48 580	49 810	51 070	52 362	53 687

Source : comité technique d'élaboration du PDC III, Enquête de terrain, Avril-Mai

La tendance de l'évolution de la population se poursuivra puisqu'aucune politique de maîtrise de la population n'est entreprise au Bénin. Ainsi la population actuelle estimée serait de 43 960 habitants en 2017. La commune comptera à l'échéance du PDC3 en 2021 environ 48 580 habitants et sans doute 53 687 personnes en 2025.

□ Occupation spatiale

Quatre (04) principaux groupes sociolinguistiques ou ethnies occupent le terroir de la commune de Toucountouna, comme le montre le tableau ci-après :

Tableau 7 : Les principaux groupes sociolinguistiques de la commune

Individu	Pluriel	Langue
Wao	Waaba	Waama
Otammari	Bètammaribè	Ditammari
Natéhoun (Natimba)	Natéma (Natimba)	Naténi
Peuhl	Fulbé (Peuhl)	Fulfuldé

Source : Enquête de terrain, R-Sud, Décembre 2009

On distingue quatre (04) grandes religions : les adeptes du culte traditionnel, le catholicisme, le protestantisme et l'islam. Les adeptes du culte traditionnel sont les plus nombreux dans la commune, suivis des catholiques et des musulmans.

3.2.5. Principales activités socioéconomiques

□ L'agriculture

La commune de Toucountouna, compte 8 615 actifs agricoles dont 5 514 hommes et 3 101 femmes. Ces derniers produisent une variété de cultures regroupées en cinq grandes (05) catégories : les céréales, les légumineuses, les racines et tubercules, les cultures maraîchères et les cultures de rente. De façon générale, ces différentes spéculations sont cultivées en moyenne sur 23 579,01 ha/an.

□ L'élevage

Deuxième activité du secteur primaire, l'élevage dans la commune de Toucountouna est de type traditionnel. Les principales espèces élevées sont les volailles (poulets, pintades canards etc.), les caprins, les ovins, les porcins, les bovins et les lapins. En dehors des lapins qui sont élevés dans en enclos, les autres espèces sont laissés en divagation.

□ Pêche, pisciculture et aquaculture

La pisciculture est moins développée dans la commune de Toucountouna en dépit des atouts dont elle dispose. Ces atouts sont entre autres :

- ◆ l'existence d'une retenue d'eau à Tchakalakou, qui continue de bénéficier de l'appui des PTF pour la valorisation des ressources halieutiques à travers des campagnes d'empoissonnement, l'encadrement technique et des travaux d'aménagement et d'entretien du site. C'est le seul site sur lequel se pratique la production halieutique ;
- ◆ la maîtrise des techniques de fabrication traditionnelle de matériels de pêche ;
- ◆ l'existence de plusieurs cours d'eau.

Les principales espèces élevées sont le Clarias sp (poisson chat) et le Tilapia (carpe d'eau douce). La pêche, de type artisanal est pratiquée dans les cours d'eau et la retenue d'eau à l'aide des filets, la ligne et des nasses.

□ Tourisme et hôtellerie

Le tourisme et l'hôtellerie ont été longtemps des secteurs marginaux de l'économie de la commune de Toucountouna, même si la commune présente quelques atouts qui pourraient être mis à profit pour maintenir les touristes dans l'Atacora.

□ Artisanat, transformation des produits et petites et moyennes industries

L'artisanat est constitué de l'artisanat de service, de production, de transformation des produits agricoles. On dénombre plusieurs artisans dans la commune dont la grande majorité exerce dans les grandes agglomérations. Les artisans les plus rencontrés sont les maçons, les mécaniciens, les soudeurs, les tailleurs, les couturières, les coiffeurs et coiffeuses, les vulgarisateurs etc. qui ont une organisation au niveau communal et des démembrements en constitution dans les arrondissements.

L'autre grande catégorie d'artisans est constituée des femmes transformatrices organisées en groupement ou non. Il s'agit de la transformation des produits de l'agriculture et d'élevage.

Enfin, il y a l'artisanat traditionnel qui s'occupe de la fabrication d'objets traditionnels comme les bracelets traditionnels en herbe, les Tam-Tam, les flûtes, les objets de la vannerie, poterie et de la forge. L'artisanat joue un rôle important dans l'amélioration des revenus des populations, mais est confrontés à des problèmes de qualités de produits et l'insuffisance de crédits.

❑ Commerce et équipements marchands

Le commerce est basé sur la vente du surplus de la production agricoles et de cueillettes et l'importation des produits manufacturés nécessaires aux populations des Toucountouna.

Ainsi la distribution et la collecte en fonction du niveau de l'activité de commerce des acteurs et de leurs résidences, au niveau des villages, on a des commerçants de détails et de collecteurs primaires. Le commerce devient important dans les grandes agglomérations et autour des principaux marchés de la commune avec au sommet le marché de Toucountouna qui est le plus grand lieu d'échange avec l'extérieur.

IV. ÉTAT DES LIEUX DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE TOUCOUNTOUNA

4.1. PRÉSENTATION DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE TOUCOUNTOUNA

Le système de production, de traitement, de stockage et de distribution d'eau potable de la ville de Toucountouna compte :

- ◆ Deux (02) forages dont un (01) non équipé ;
- ◆ Une unité de désinfection ;
- ◆ Un (01) château d'eau ;
- ◆ Un réseau de canalisation.

Le système a été mis en service en 1993.

4.2. FORAGE ET TRAITEMENT

4.2.1. Description

Le forage se trouve au Nord-Est de la ville sur le même site que la SONEB et a été réalisé en 1987. La pompe installée actuellement dans le forage F1 date de 2019 et a les caractéristiques suivantes :

- ◆ Débit : 8 m³/h ;
- ◆ HMT : 74 m ;
- ◆ Puissance : 3 KW.

La photo suivante montre le forage.



Photo 1 : Vue du forage F1³

Le site comporte un local chloration, un local pour l'armoire de commande des pompes et un local groupe électrogène.

Le local chloration est composé d'un (01) bac de 140 l, d'une pompe doseuse de 10 l/h à 16 bars et d'un (01) agitateur. L'injection de l'hypochlorite de calcium se fait directement sur la conduite de refoulement d'eau traitée.

³ Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021



Photo 2 : Bac de chloration et pompe doseuse⁴

☐ Alimentation en électricité et protection

Les équipements du forage et de traitement sont alimentés en électricité grâce à la SBEE avec un compteur de 400 V – 30 A. La SBEE reste la seule source d'énergie disponible sur le site.

Au niveau du site, il existe un paratonnerre et une prise de terre.

4.2.2. Diagnostic

Le bâtiment du site présente des dégradations sur les faces extérieures et intérieures des murs et sur certaines maçonneries accessoires. On observe en général des fissures mineures et importantes, des épaufrures sur les éléments en maçonnerie et en béton armé. Il a été également relevé des défauts de lampes et autres câblages vétustes.

Le forage est dans un état de fonctionnement correct.

Pour la préparation de la solution d'hypochlorite de calcium, l'agitation se fait manuellement car l'agitateur est en panne donc il est à remplacer.

Un groupe électrogène avec coffret de commutation automatique est à pourvoir sur le site car la SBEE reste la seule source d'énergie disponible

L'armoire de commande des pompes nécessite une maintenance avec le remplacement des instruments de mesure (voltmètre, ampèremètre et fréquencemètre) ainsi que la filerie et la signalisation.

⁴ Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021

Les photos suivantes montrent les dégradations observées sur le bâtiment.



Photo 3 : Dégradations observées sur le bâtiment du site du forage⁵

4.3. OUVRAGE DE STOCKAGE

4.3.1. Description

Le réseau d'alimentation en eau potable de Toucountouna compte un château d'eau. Il a une capacité de 50 m³ sur 10 m de hauteur sous-radier.

Le château d'eau est alimenté par une conduite en PVC DE 90 mm. Il joue un rôle d'équilibre car il y a du service en route et permet également d'alimenter une partie de la ville.

La photo suivante montre le château d'eau.

⁵ Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021



Photo 4 : Vue du château d'eau⁶

4.3.2. Diagnostic

Le château d'eau présente des dégradations surtout au niveau de la base où un affaissement des dalles a été constaté. On note aussi des fissures sur l'enduit réalisé à la base de l'ouvrage et sur le regard. On note également au niveau du soubassement de la clôture, des fissures.

Les photos suivantes montrent les dégradations observées sur le château d'eau.

⁶ Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021



Photo 5 : Dégradations observées sur le château d'eau⁷

4.4. RÉSEAU DE DISTRIBUTION

4.4.1. Description

Le réseau de distribution de la ville de Toucountouna est constitué de conduites en PVC DE 110 mm à DE 75 mm et ne couvre pas toute la ville. Il fait un linéaire total de 6 Km.

La carte ci-dessous montre les zones couvertes par le réseau d'AEP.

⁷ Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021

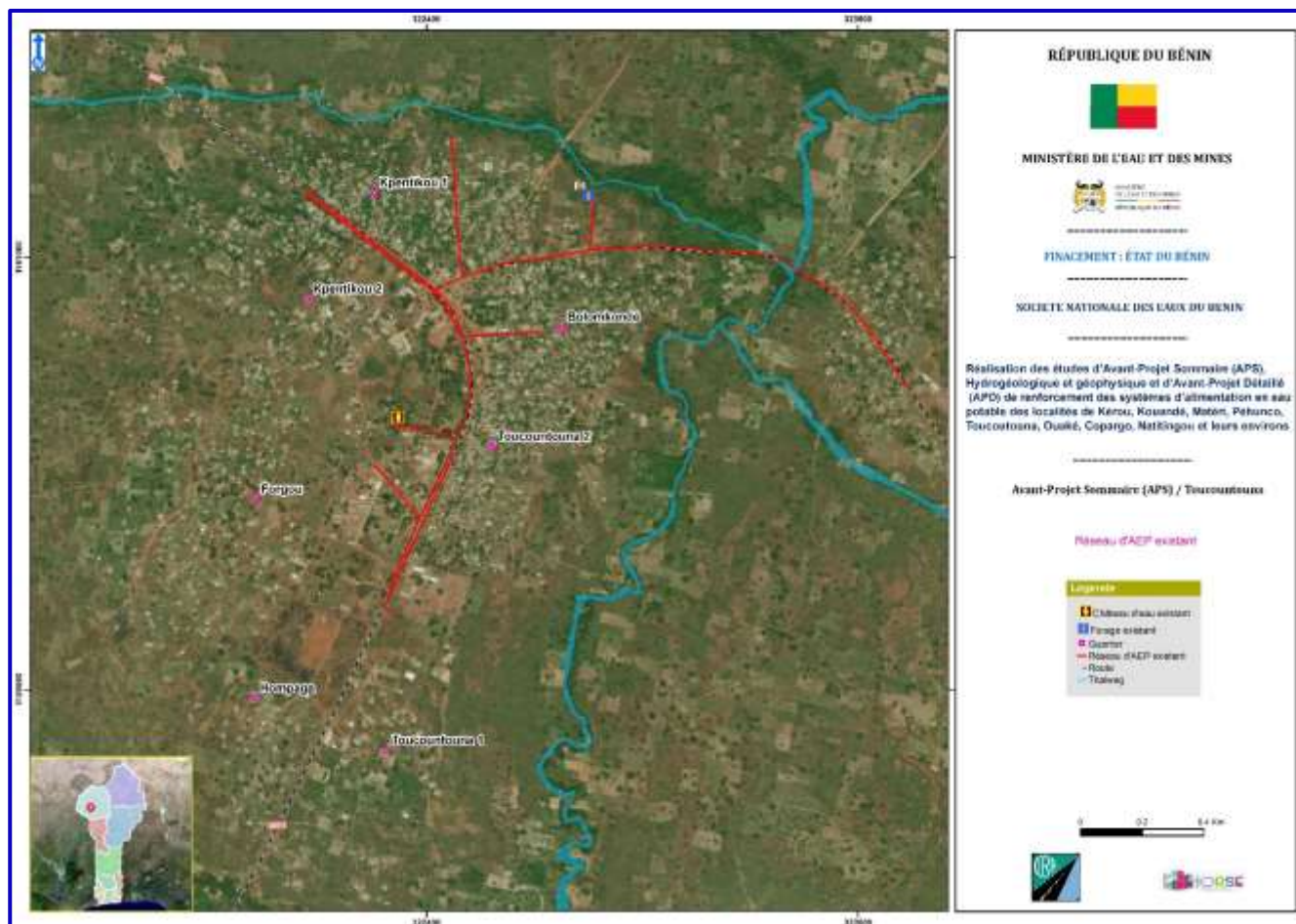


Figure 3 : Zones couvertes par le réseau d'AEP existant⁸

4.4.2. Diagnostic

Le réseau existant de la ville est globalement en bon état. Cependant, des renforcements et des extensions de réseau sont nécessaires pour couvrir toute la ville.

⁸ Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021

V. DONNÉES DE BASE ET MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET ÉQUIPEMENTS

5.1. DONNÉES DE BASE

5.1.1. Zones à couvrir

Pour la détermination des zones à couvrir, la méthodologie générale utilisée consiste à déterminer :

- ◆ les différents arrondissements de la commune de Toucountouna ainsi que leur statut urbain ou rural selon le classement de l'Agence Nationale de la Statistique et de l'Analyse Économique (ANSAE) ont été déterminés ;
- ◆ Les localités incluses dans chaque arrondissement urbain avec leurs coordonnées géographiques afin de les localiser sur une carte. La détermination des arrondissements à couvrir prend également en compte des consignes de la SONEB qui souhaite que certains arrondissements classés ruraux soient intégrés au vu de la spécificité de ces derniers ;
- ◆ Les localités à retenir finalement sur la base des considérations suivantes :
 - Situation géographique : dans un rayon de 15 km par rapport à la localité centre de l'arrondissement. La distance est déterminée en suivant l'axe routier ou la piste la plus courte entre les deux (02) localités ;
 - Être une zone avec un habitat régulier ;
 - Ne pas être pris en compte dans le cadre des projets de l'Agence National d'Approvisionnement en Eau Potable en Milieu Rural (ANAEPMR).

Cette méthodologie est basée sur les discussions menées avec la SONEB sur les versions antérieures des rapports et sur les recommandations de l'atelier de validation des rapports tenu le 18 Mars 2022.

Les arrondissements concernés sont les arrondissements classés « urbains » par l'ENSEA. Le tableau suivant donne la liste des arrondissements de la commune de Toucountouna avec leur statut urbain ou rural selon la terminologie de l'ENSEA ainsi que les populations correspondantes selon le RGPH4.

Tableau 8 : Arrondissements et populations 2013 de la commune de Toucountouna

Communes	Données INSAE		
	Arrondissements	Population rurale 2013	Population urbaine 2013
TOUCOUNTOUNA	KOUARFA	13 176	-
	TAMPEGRE	10 273	-
	TOUCOUNTOUNA	-	16 330

Source : ENSEA / RGPH 4

Il apparaît que parmi les trois (03) arrondissements composants la commune de Toucountouna, seul l'arrondissement de Toucountouna est classé urbain.

Cependant, bien que l'arrondissement de Toucountouna soit entièrement classé urbain, certaines parmi les localités qui la composent ont un caractère rural (non loti, habitat dispersé) de telle sorte que la SONEB n'y intervient pas.

Le tableau suivant donne les localités qui composent l'arrondissement de Toucountouna ainsi que leurs populations 2013 selon les données de l'ENSEA. Elles sont au nombre de 08.

Tableau 9 : Localités et populations de l'arrondissement de Toucountouna

Arrondissement	Villages ou quartiers de ville administratifs	Longitude	Latitude	Population 2013
TOUCOUNTOUNA	BORIBANSIFA	1.2841	10.5221	2 451
TOUCOUNTOUNA	KOKOKOU	1.2207	10.5000	929
TOUCOUNTOUNA	MOUSSITINGOU	1.4000	10.5600	1 360
TOUCOUNTOUNA	TAMPATOU	1.3905	10.4967	2 401
TOUCOUNTOUNA	TCHAKALAKOU	1.3461	10.5396	1 799
TOUCOUNTOUNA	TECTIBAYAOU	1.4176	10.4857	1 114
TOUCOUNTOUNA	TOUCOUNTOUNA I	1.3800	10.5000	3 193
TOUCOUNTOUNA	TOUCOUNTOUNA II	1.3700	10.4900	3 083

Source : ENSEA / RGPH 4

En considérant les deux (02) critères suivants qui doivent être respectées cumulativement :

- ◆ la localité doit être située au plus à 15 km de Toucountouna centre ;
- ◆ la localité doit avoir un habitat structuré.

La carte suivante donne les localités retenues avec les populations selon le recensement de 2013.

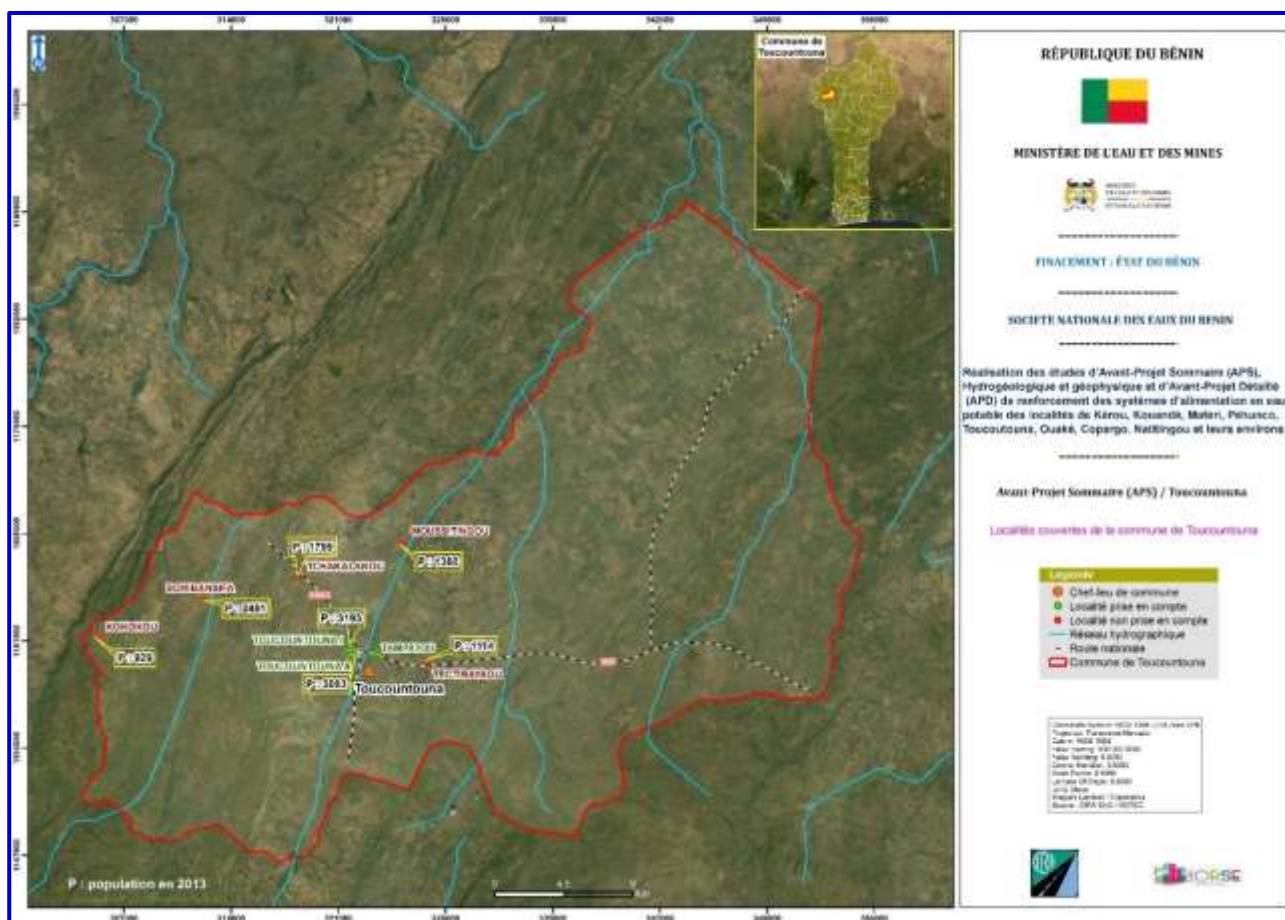


Figure 4 : Localités retenues pour Toucountouna

Source : CIRA/HORSE, Mars 2022

5.1.2. Populations concernées

Les localités considérées et les populations correspondantes pour l'année 2013 sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Localités et populations prises en compte pour la commune de Toucountouna

Villages ou quartiers de ville administratifs	Population 2013	Distance par rapport à Toucountouna Centre (Km)	Population prise en compte	Observations
BORIBANSIFA	2 451	10.39		Localité non lotie
KOKOKOU	929	16.75		Localité non lotie
MOUSSITINGOU	1 360	7.97		Localité non lotie
TAMPATOU	2 401	1.57	2 401	
TCHAKALAKOU	1 799	6.17		Localité non lotie
TECTIBAYAOU	1 114	4.86		Localité non lotie
TOUCOUNTOUNA I	3 193	0	3 193	
TOUCOUNTOUNA II	3 083	0.40	3 083	
Total	16 330		8 677	

Source : CIRA/HORSE, Mars 2022

En supposant une croissance démographique de type exponentiel comme hypothèse de croissance de la population de 2013 à 2035, l'équation d'évolution suivante permettra d'évaluer la population à chaque horizon.

$$P_n = P_0 \cdot (1 + \alpha)^n$$

Avec :

P_n = Population à l'année n ;

P_0 = Population à l'année zéro ;

α = Taux de croissance démographique ;

n = Différence entre l'année ciblée et l'année de référence.

Le taux de croissance considéré est de 2.54 %. Il est issu du RGPH4. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Populations aux différents horizons considérés

Années	2013	2020	2021	2025	2030	2035
Population	8 677	10 342	10 605	11 724	13 291	15 067

Source : CIRA/HORSE, Septembre 2021

5.1.3. Besoins en eau

5.1.3.1. Facteurs déterminants

☐ Consommations spécifiques

La SONEB fourni les volumes journaliers d'eau facturés de 2016 à 2020 ainsi que le nombre d'abonnés correspondant. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Volumes d'eau facturés de 2015 à 2019

Années	Volumes d'eau facturés (m³/an)	Nombre total d'abonnés	Volume par abonné (l/abonné/j)
2016	7 899	80	99
2017	12 278	78	157
2018	10 902	93	117
2019	7 613	113	67
2020	7 434	119	62

Les volumes d'eau facturés fluctuent entre 2016 et 2020. En considérant une moyenne de 8 personnes par abonnement qui correspond à la moyenne du nombre de personne par ménage, la consommation spécifique par personne varie entre 10 et 26 litres par personne par jour.

Pour prendre en compte l'augmentation du niveau de vie et la disponibilité en eau à l'horizon du projet qui ont pour conséquence un accroissement des consommations en eau potable, et suite aux observations sur la version provisoire du rapport, les consommations spécifiques suivantes ont été considérées :

- ◆ 2025 : 35 l/hab/j ;
- ◆ 2030 : 40 l/hab/j ;
- ◆ 2035 : 45 l/hab/j.

❑ **Coefficient de pointe saisonnière Cps**

Les valeurs guides données dans la littérature pour le coefficient de pointe saisonnière sont de 1,10 pour les régions tropicales humides où les ressources en eau sont abondantes et les températures stables, et 1,20 pour les régions sahéliennes où le tarissement cyclique des ressources en eau se conjugue avec les fortes chaleurs. Vu que le projet se situe en zone tropicales humiques le coefficient de pointe saisonnière a donc été fixé à **Cps = 1.10**.

❑ **Coefficient de pointe journalière Cpj**

Le coefficient de pointe journalière est indépendant de la saison, il est généralement compris entre 1,05 et 1,20. Le coefficient de pointe journalière est fixé à **Cpj = 1.10**.

❑ **Coefficient de pointe horaire Cph**

La littérature propose une fourchette de valeurs comprises entre 1.50 et 3 pour les zones urbaines africaines. Rendant compte des habitudes du consommateur en une journée, le coefficient de pointe horaire dépend de la taille des villes, du niveau d'industrialisation et de la diversification des activités qui s'y mènent. Ce coefficient peut être aussi estimé par des études statistiques ou des formules empiriques. Pour ce dernier cas, la formule ci-dessous, dite du Génie Rural de France, est couramment utilisée.

$$C_{ph} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{mh}}}$$

Avec :

C_{ph} : Coefficient de pointe horaire ;

Q_{mh} : Débit moyen horaire.

La zone étudiée est faiblement habitée avec des activités industrielles quasi inexistantes. Le coefficient de pointe horaire est calculé à l'aide de la formule précédente. Dans la pratique, une courbe de modulation des consommations en eau sera utilisée. D'après les données de la SONEB, les points horaires varient entre 1.80 et 2.00. Une pointe de 1.9 sera ainsi considérée dans la courbe de modulation utilisée.

5.1.3.2. Pertes d'eau

Deux (2) types de pertes d'eau sont à prendre en compte : les pertes techniques liées au traitement et à la distribution et les pertes commerciales dues à l'eau consommée et non facturée.

Les pertes commerciales sont dues aux erreurs de comptage, aux branchements clandestins et aux prélèvements aux poteaux d'incendie etc.

☐ **Pertes de production**

C'est l'ensemble des eaux perdues lors du transport d'eau entre les zones de production d'eau brutes (forages ou cours d'eau) et les stations de traitement et entre les stations de traitement et les châteaux d'eau ou réservoirs au sol. Sur la base des indications de la SONEB, elles sont estimées à 5% des besoins.

☐ **Pertes de distribution**

Ce sont les pertes constatées sur le réseau de distribution lui-même. Elles dépendent de la nature des conduites, de leur vétusté, de l'entretien et du renouvellement des branchements particuliers, de la surveillance et du délai d'intervention lors des fuites signalées. Il est communément admis que le ratio technico-économique de perte au cours du transport et de la distribution varie entre 10 et 20 %. Nous admettrons dans le cadre de cette étude une perte de 15 %, soit un rendement de distribution de 85 %.

☐ **Coefficients de majoration retenus**

Pour les besoins en eau du projet, les propositions suivantes sont faites en ce qui concerne les coefficients de majoration à appliquer :

- ◆ Rendement du réseau de distribution : 85% ;
- ◆ Pertes de production: 5%;
- ◆ Coefficient de pointe saisonnière : 1.10 ;
- ◆ Coefficient de pointe journalière : 1.10.

Par ailleurs les hypothèses de calcul suivante sont retenues :

- ◆ Consommation spécifique : 35 l/hab/j pour 2035 ; 40 l/hab/j pour 2035 et 45 l/hab/j pour 2035;
- ◆ Temps de fonctionnement des ouvrages de production et de traitement d'eau brute par jour : 22 heures pour eaux de surface et 15 heures pour forages.

5.1.4. Hypothèses de desserte

Pour l'horizon 2035, les hypothèses suivantes sont proposées :

- ◆ Couverture du réseau et accès à l'eau : 100% de la population ;
- ◆ Type de branchement : branchements particuliers pour 100% de la population.

5.2. DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES ET GÉOPHYSIQUES

5.2.1. Données hydrogéologiques et géophysiques

Un rapport hydrologique détaillé est produit dans le cadre de la présente mission. Il est rendu séparément et donne plus de détails. Les paragraphes suivants donnent l'essentiel des résultats pour la ville de Toucountouna.

L'ensemble de la zone d'intervention est découpé en deux provinces hydrogéologiques dont les réservoirs sont de nature lithologique variée, faite de roches sédimentaires détritiques et biochimiques et de roches magmatiques et métamorphiques. Il s'agit des provinces du bassin sédimentaire de la volta et celui du socle stricto sensus.

Dans le bassin sédimentaire de la Pendjari (Volta supérieur) au nord-ouest et l'unité Structurale de la plaine du Bénin (socle stricto sensu), on a des aquifères de fracture dans les roches métamorphiques et magmatiques.

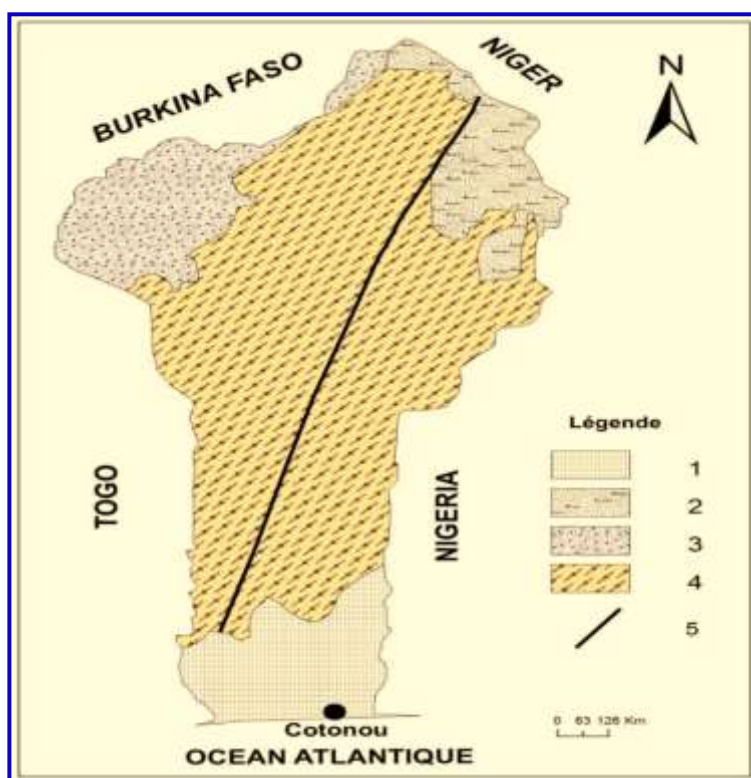


Figure 5 : Provinces hydrogéologiques du Bénin⁹

1. Bassin côtier ;
2. Bassin Sédimentaire de Kandi ;
3. Province des couvertures anciennes (Bassin Sédimentaire de la Volta) ;

⁹ Sources : Modifié d'après Hydrogéologie de la république du Bénin (Afrique de l'Ouest) ; M. BOUKARI, 2007

4. Province du socle S.S ;
5. Faille de Kandi.

Il existe principalement deux (02) unités hydrogéologiques dans la zone d'intervention. Il s'agit de l'unité hydrogéologique du socle et du bassin de Volta. La carte suivante montre les unités hydrogéologiques des AEP résultantes des différentes provinces hydrogéologiques du Bénin.

La carte ci-dessous montre les unités hydrogéologiques détaillées des AEP des villes concernées (Zone d'intervention).

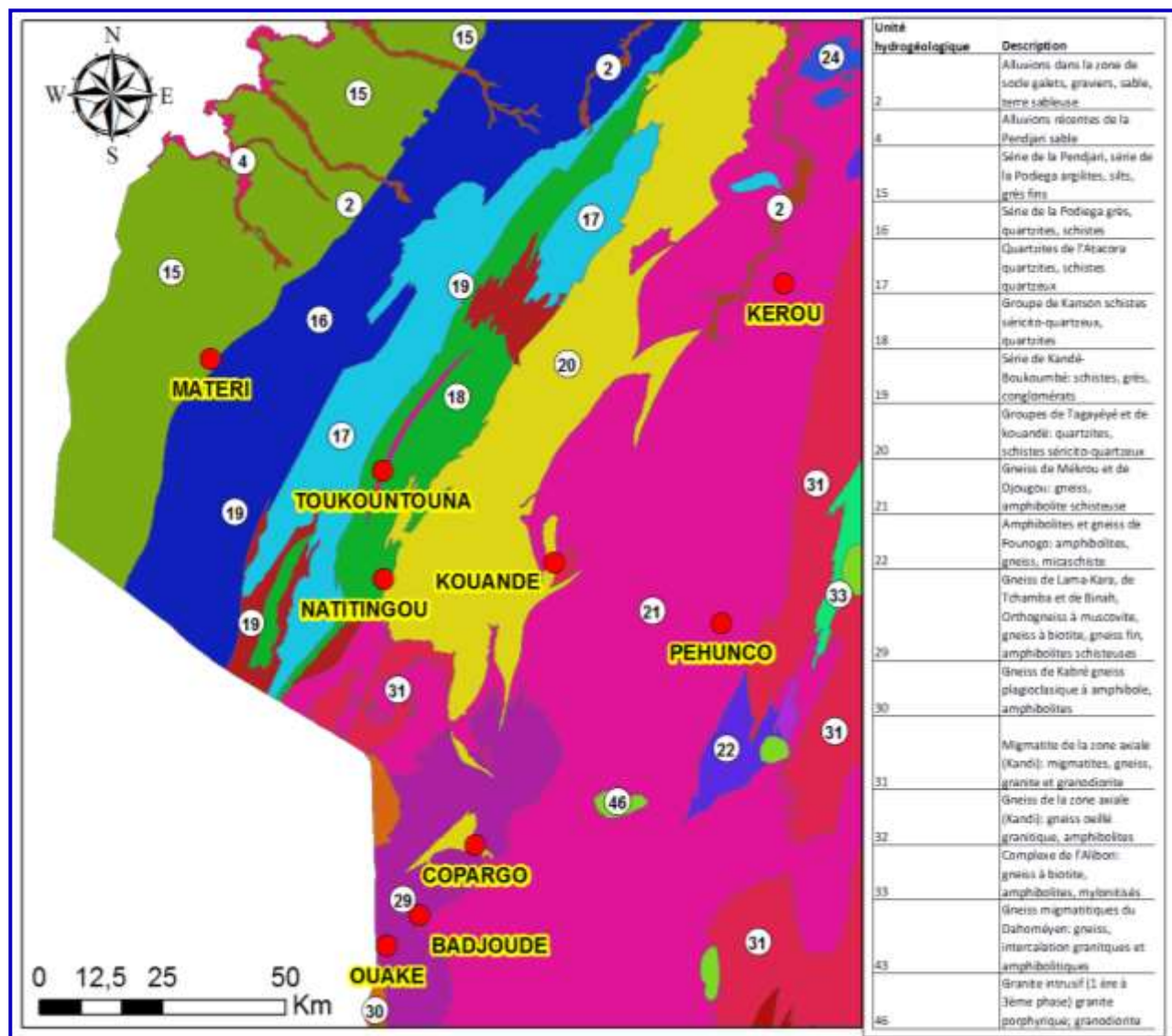


Figure 6 : Unités hydrogéologiques détaillées des AEP des villes concernées

Source : Carte hydrogéologique du Bénin, 2012

Le récapitulatif des données de caractérisation hydrogéologique de la zone de Toucountouna est donné dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Récapitulatif des données de caractérisation hydrogéologique

Formation géologique	Contexte hydrogéologique	Débit minimum d'un forage déclaré positif (m³/h)
	« Confère Carte hydrogéologique du Bénin et notice »	
Quartzite, schiste, schiste séricito-quartzeux, grès, conglomérat; Gneiss à biotite, amphibolite ; Granite et granodiorite à grain moyen et fin, granite-gneiss, migmatites	Socle ; Unité hydrogéologique 20, 21 et 31	15

Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

Au total, 15 implantations de forages ont été réalisées pour la ville de Toucountouna (Voir rapport hydrogéologique). Leurs caractéristiques sont données dans le rapport hydrogéologique et géophysique.

5.2.2. Données hydrologiques

☐ Démarche méthodologique

L'approche méthodologique utilisée pour cette étude est basée sur :

- ◆ une revue documentaire bien appropriée ;
- ◆ des discussions et visites de terrain effectuées avec les experts impliqués dans la présente étude ;
- ◆ une étude cartographique des bassins concernés.

☐ Retenues d'eau existantes autour de Péhunco

La commune de Toucountouna dispose d'une seule retenue d'eau qui est située à environ 7 km de Toucountouna-centre. C'est une retenue de petite taille dont la superficie du plan d'eau est de 2,9 ha. La retenue présente des signes de vieillissement et son chenal est en ruine. Le tableau suivant présente quelques caractéristiques de la retenue d'eau de Toucountouna. Elle est destinée principalement à l'agriculture (DGR et DGEau, 2019).

Tableau 14 : Caractéristiques de la retenue d'eau de Toucountouna

Commune	Arrondissement	Nom Retenue d'eau	XPR	YPR	Distance au chef-lieu (Km)	Volume actuel (m³)	Hauteur actuelle (m)	Capacité (m³)	Surface Plan d'eau (ha)
TOUCOUNTOUNA	TOUCOUNTOUNA	RE de TCHAKALAKOU	318692	1165228	7	39 340	4	70 000	2,9

Source enquête de terrain Juillet 2021, DGR et DGEau, 2019

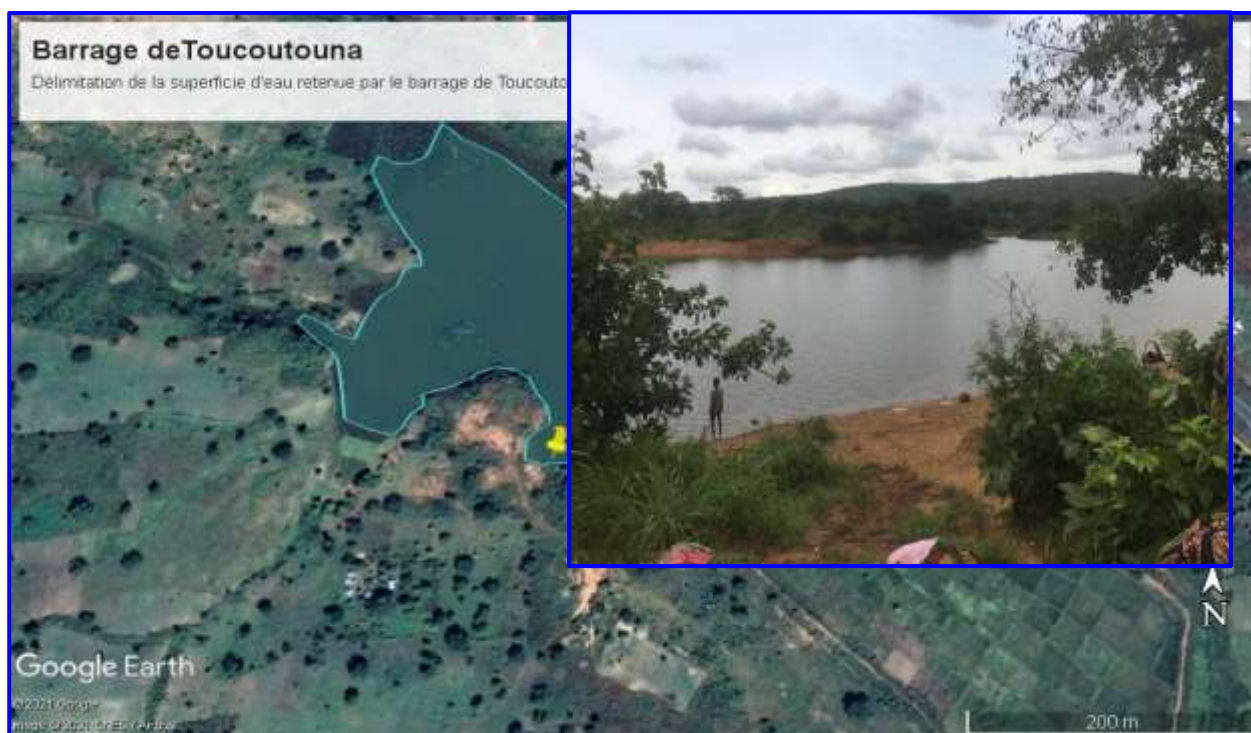


Figure 7 : Image Google Earth de la retenue d'eau de Toucountouna¹⁰



Photo 6 : Retenue d'eau de Toucountouna et son chenal¹¹

☐ Synthèse

¹⁰ Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

¹¹ Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

La commune de Toucountouna ne dispose pas de retenus susceptibles de fournir une eau de qualité et en quantité pour l'alimentation en eau potable de la ville.

5.3. MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET ÉQUIPEMENTS

5.3.1. Production

Pour la production d'eau, le dimensionnement des ouvrages a été fait sur la base des besoins de pointe à satisfaire à l'horizon du projet (2035).

5.3.2. Stockage

Le stockage se fait dans des châteaux d'eau. La capacité de stockage nécessaire pour un système peut être calculée par trois méthodes : la méthode analytique, la méthode graphique et la méthode simplifiée. Quelle que soit la méthode utilisée, la capacité de stockage pour les réseaux de distribution classiques est en général comprise entre 25% et 50% des besoins moyens journaliers.

Cette capacité prend en compte trois éléments :

- ◆ la réserve de distribution ;
- ◆ la réserve de sécurité (non obligatoire, dépend du niveau de confort) ;
- ◆ la réserve d'incendie (30 à 60 m³/h pendant 1 à 2 heures).

Suite aux observations de la SONEB sur la version provisoire du rapport, une capacité de stockage de 20% sera considérée pour la suite du projet.

5.3.3. Réseau de canalisations

5.3.3.1. Distribution

Dans la pratique, le logiciel de simulation hydraulique RESODO a été utilisé pour le dimensionnement des ouvrages et des canalisations.

De façon théorique, la relation hydraulique suivante a été utilisée.

$$Q = V \times S$$

Avec : Q = débit volumique (m³/s)
V = vitesse (m/s)
S = section (m²)

Une vitesse est fixée pour déterminer le diamètre, connaissant le débit de la conduite concernée.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}, \text{ la vitesse est en général comprise entre 0,3 et 2 m/s.}$$

Avec D = diamètre (m)

Les sections théoriques calculées ne seront arrêtées que suite au calcul des pertes de charge. Les pertes de charge sont fonction des caractéristiques de l'eau (débit, température, viscosité, etc.), des caractéristiques de la conduite (longueur, diamètre, rugosité des parois, singularités). Elles sont calculées à partir de formules développées par différents auteurs. La formule de Hazen-William est utilisée pour déterminer les diamètres théoriques.

$$\Delta H = \frac{10,65 Q^{1,85}}{K^{1,85} D^{4,87}} L$$

Avec :

ΔH = pertes de charge (m) ;

Q = débit (m³/s) ;

K = coefficient de Hazen-William ;

D = diamètre de la conduite (m) ;

L = longueur du tronçon (m).

5.3.3.2. Refoulement

Pour les conduites de refoulement, la formule de BONNIN permettant d'obtenir par un calcul simple le diamètre économique a été utilisée. Cette formule est donnée par la relation suivante :

$$D = \sqrt{Q}$$

Avec : D = diamètre (m)

Q = débit (m³/s)

5.3.3.3. Anti-bélier

Soit a la célérité des ondes de surpression ou de dépression :

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{Ee} \right)}}$$

Avec :

a = célérité de l'onde en m/s ;

d = diamètre intérieur de la conduite de refoulement ;

e = épaisseur de la conduite ;

ρ = masse volumique de l'eau (1 000 kg/m³) ;

E = module d'élasticité du matériau (fonte = 1,7 10¹¹ n/m²).

L'amplitude des surpressions et dépressions P est égale à $\pm P = a \cdot (V)/g$

La durée T de retour de l'onde est donnée par la formule suivante : $T = 2L/a$

g : est l'accélération de la pesanteur.

L : longueur du refoulement

Le volume de l'anti-bélier est donné par la formule : $V = T \times Q$

Avec : Q = débit de refoulement dans la conduite ;

T = Durée de l'aller-retour du coup de bélier.

5.3.4. Modélisation du réseau

Dans la pratique, le dimensionnement des extensions de réseau sera réalisé au moyen d'une combinaison de deux logiciels

- ◆ Resodo, qui est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et de la qualité de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression ;
- ◆ Mensura qui permet la liaison entre les données topographiques et les données hydrauliques. Il permettra de faire un calage fin des conduites.

5.3.4.1. Données d'entrée des modèles

□ Dessin des réseaux

L'ensemble des réseaux ont été dessinés et calés sur le module Réseau Divers de Mensura et importés dans RESODO. L'avantage de cette combinaison des deux logiciels est qu'elle permet d'avoir les mêmes données de calage et géométriques des profils techniques dans Mensura et des données de modélisation dans RESODO.

□ Options hydrauliques

La formule de Darcy-Weisbach est retenue pour les calculs de pertes de charges.

$$\Delta H = \frac{\lambda \times V^2 \times L}{2 \times D \times g}$$

Avec :

ΔH = Pertes de charge (en m) ;

λ = Coefficient de pertes de charge dépendant de la nature de la conduite ;

V = Vitesse moyenne du fluide (en m/s).

L = Longueur de la conduite (en m) ;

D = Diamètre de la conduite (en m) ;

g = Accélération de la pesanteur (en m/s²).

Pour les unités, le **Système International (S.I.)** a été choisi :

Débit en l/s ;

Diamètre des conduites en mm ;

Longueur des conduites en m ;

Pression en m.

☐ Répartition des consommations aux nœuds

La répartition des consommations aux nœuds est effectuée manuellement. Il a été appliqué la méthode linéaire : à l'horizon du projet, la consommation est uniformément répartie le long des conduites du réseau. Cette situation est plus proche de la réalité car la consommation est essentiellement domestique et avec les mêmes types d'habitat.

☐ Courbe de modulation

La modulation de la demande en eau permet de prendre en compte les effets de variation de la demande dans le temps sur une valeur de base. La figure suivante présente la courbe de modulation type utilisée.

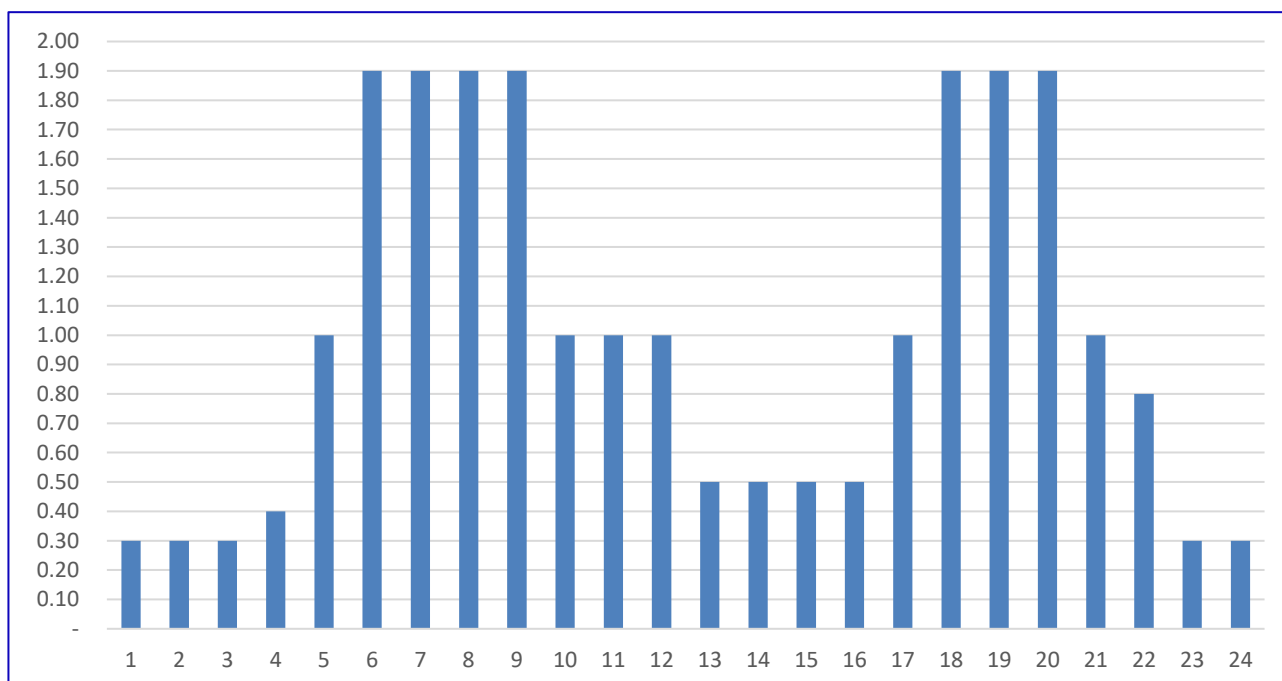


Figure 8 : Courbe de modulation

Source : CIRA/HORSES

De 23 heures à 04 heures, des pointes basses de 0.50 sont notées. Ces consommations correspondent en réalité aux pertes sur le réseau et quelques rares consommation d'eau. En effet, pendant ces heures les populations dans leur écrasante majorité dorment et utilisent très peu d'eau. A partir de 5 heures du matin, les gens commencent à utiliser progressivement l'eau avec un pic entre 6 heures et 8 heures (pointe de 1.90). A partir de 9 heures le pic baissent progressivement et revient aux pointes basses entre 13 heures et 16 heures. A partir de 17 heures, les pointes de consommation augmentent de niveau et atteignent des pics entre 18 heures et 20 heures puis redescendent à partir de 21 heures.

5.3.4.2. Données de sortie

Après le tracé du réseau et l'entrée des données pour chaque élément, la simulation est lancée. Les données de sortie après cette simulation sont :

Nœuds : la charge et la pression ;
Conduites : le débit, la vitesse et les pertes de charge unitaires.

5.3.4.3. Critères de modélisation

Les hypothèses de dimensionnement des ouvrages et des équipements retenus, sont rappelées ci-dessous :

- ◆ la pression minimale de service = 10 m soit 1 bar et la pression maximale = 60 m soit 6 bars ;
- ◆ la vitesse maximale dans les conduites est de 1.50 m/s et la vitesse minimale 0,3 m/s ;
- ◆ la couverture minimale au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite = 0,80 m ;
- ◆ Diamètre minimale de conduite : 75 mm ;
- ◆ la formule de Darcy-Weisbach est utilisée pour le calcul des pertes de charge.

5.3.4.4. Procédé

Dans la pratique, le procédé suivant sera adopté :

- ◆ Les blocs de maisons alimentés par une seule conduite seront affectés à un nœud unique ;
- ◆ Les diamètres calculés statiquement pour les conduites principales seront entrés ainsi que les consommations aux nœuds ;
- ◆ La modélisation sera lancée et les diamètres des canalisations réajustés afin que les conditions données plus haut soient respectées autant que possible.

5.3.5. Ouvrages annexes au réseau de distribution

Afin de sécuriser les réseaux de distribution d'eau envisagés et d'en faciliter l'exploitation et la gestion, certains organes des ventouses, des vidanges et des vannes de sectionnement sont proposés. Les plans types des regards de vidanges, de ventouses et de vannes sont fournis dans le dossier de plans.

5.3.5.1. Ventouses

La sécurité de fonctionnement d'une conduite d'eau exige le contrôle des évacuations ou admissions d'air : évacuation de l'air accumulé aux points hauts au cours d'un remplissage ou de l'exploitation normale ; admission d'air lors d'une vidange provoquée ou accidentelle.

Ainsi, il est nécessaire d'éliminer les poches d'air qui, réduisant la section de passage de l'eau, provoquent des pertes de charge anormales, créent, dans certains cas, de véritables obstructions et en réalisent dans la conduite un matelas élastique, engendrent des oscillations de débit et de pression préjudiciables.

Par ailleurs, lors d'une vidange, certains points de la conduite sont le siège de dépressions qui compromettent la tenue des joints et rendent irrégulier le cheminement de l'eau.

Ainsi et selon les circonstances (remplissage ou vidange de la conduite), il est nécessaire d'éliminer l'air contenu dans la conduite, ou au contraire d'en introduire grâce à des dispositifs assurant cette double fonction. Les ventouses proposées sont du type automatique à trois fonctions :

- ◆ évacuation de l'air qui s'accumule aux points hauts de conduites sous pression ;
- ◆ admission suffisante de l'air lors des vidanges de la conduite ou des ruptures accidentelles ;
- ◆ échappement d'air à grand débit lors du remplissage des conduites.

5.3.5.2. Vidanges

Tous les points bas des profils en long seront équipés d'ouvrages de vidange permettant de vider la conduite en cas de nécessité d'entretien. Deux types de vidanges seront proposés : une vidange à gueule bée et une vidange en charge.

Les vidanges à gueule bée seront construites dans les thalwegs les plus proches lorsque l'espace le permet.

Les vidanges en charge seront soit dans des regards à deux compartiments.

Le diamètre des conduites de vidange a été calculé à partir de la formule des orifices suivante :

$$Q = \mu \times s \times (2gh)^{0.5} \quad \text{avec} \quad Q = \frac{V}{t}$$

- t = Temps nécessaire pour vider complètement la conduite ;
V = Volume équivalent de la conduite concernée en m³ ;
s = Section de la vidange en m² ;
μ = Coefficient de contraction pris égal à 0,6 ;
g = Accélération de la pesanteur = 9.81 m/s² ;
Q = débit en m³/s.

5.3.5.3. Massifs de butées

Les efforts résultant de la poussée du fluide véhiculé dans les conduites peuvent être extrêmement importants au point de déboîter les éléments de la canalisation. Pour éviter des incidents graves, il est indispensable d'établir des butées au niveau des changements de direction de la conduite.

Le massif de butée des coudes est dimensionné selon le principe suivant :

◆ Condition de Service : Massif de butée poids

Dans les conditions de service normal l'effort pris en compte pour stabiliser la poussée hydraulique (Qs) engendrée par la pression de service (PC) sera celui de frottement dû aux poids du massif et du remblai se trouvant sur ce dernier : Soit :

$$F = P \times tg(\varphi)$$

Les dimensions du massif seront données de façon à ce que le rapport (F/Qs) soit au moins égal à 1.

◆ Condition d'essai en tranchée

La stabilité des massifs de butée, dimensionnés ci-dessus, sera vérifiée dans la condition d'essai en tranchée.

Dans cette situation de sollicitation transitoire non durable (30 minutes), la vérification de la stabilité du massif tient compte, en plus des efforts de frottement, de l'effort de butée du massif sur la paroi du sol de fondation. Soit :

$$F = P \times \operatorname{tg}(\varphi) + S \times C$$

Avec :

P = poids massif + poids remblai ;

φ = angle de frottement interne du terrain ;

S = Surface de butée ;

C = capacité de butée au sol.

Le coefficient de sécurité (Kse = F / Qe) de non glissement doit être au moins égal à 1.50.

Notons que le massif sera coulé à pleine fouille du côté de butée et remblayé compacté jusqu'à TN avant de procéder à l'essai en tranchée.

Les efforts de poussée hydraulique sont donnés par les relations suivantes :

$$Q_s = 2 \times PC \times \pi \times (DI^2) / 4 \times \cos(A / 2)$$

$$Q_e = 2 \times Pt \times \pi \times (DI^2) / 4 \times \cos(A / 2)$$

Avec :

Pt = 1.25 * PC ;

A = Angle du coude ;

DI = Diamètre Intérieur.

La capacité de butée théorique Co au sol est donnée par la relation :

$$Co = \gamma \times H_{moy} \times (\operatorname{tg}(\pi / 4 + \varphi / 2))^2 \quad Co = \gamma \times H_{moy} \times (\operatorname{tg}(\pi / 4 + \varphi / 2))^2$$

Dans laquelle :

γ = Poids spécifique du sol non remanié ;

Hmoy = Profondeur du massif à mi-hauteur par rapport au TN.

Par mesure de sécurité la capacité de butée prise en compte pour la vérification de stabilité du massif sera égale à 75 % de la capacité de butée théorique Co : Soit : C = 0.75 x Co.

◆ Données de base

Les valeurs de base suivantes seront utilisées :

- ◆ poids spécifique du béton de massif : 2 200 kg/m³ ;
- ◆ poids spécifique du sol non remanié γ : 1 800 kg/m³ ;
- ◆ angle de frottement interne du sol : $\varphi = 30^\circ$.

5.3.5.4. Calcul de la HMT des pompes

La hauteur manométrique totale (HMT) est donnée par la formule

$$HMT = H_G + H_L + H_S + Pr$$

Où :

- ◆ HG : Hauteur géométrique égale à la valeur absolue de la côte de rejet moins la côte du niveau d'aspiration de la pompe.
- ◆ HL : Pertes de charge linéaires au niveau de la canalisation
- ◆ HS : Pertes de charge singulières (pièces hydrauliques)
- ◆ Pr : Pression résiduelle.

□ Calcul des pertes de charge linéaires HL

Nous évaluerons les pertes de charge linéaires dans les conduites à partir de la formule de Darcy-Weisbach.

$$H_L = \frac{8\lambda}{g \pi^2} \frac{Q^2}{D^5}$$

Avec

- λ : facteur de frottement
- Q : débit de la pompe
- D : diamètre intérieur de la tuyauterie.

λ est donnée par la formule de Swamee et Jain, qui est une approximation de l'équation de Colebrook :

$$\lambda = \frac{0,25}{\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{5,74}{R^{0,9}} \right)^2}$$

Où ε représente la rugosité absolue de la tuyauterie et R le nombre de Reynolds.

❑ Calcul des pertes de charge singulières H_s

Les pertes de charge singulières sont de la forme :

$$H_s = 0,08263 \frac{K_s}{D^4} Q^2$$

Avec K_s le coefficient de pertes de charge singulières qui est un nombre sans dimension et dépendant du diamètre et du type de la singularité (clapet, vanne, té, coude, compteur...).

5.3.6. Groupes électrogènes

La méthode de dimensionnement retenue est une méthode par itération qui permet d'obtenir la valeur de la tension d'établissement d'une charge, le temps de rétablissement de cette tension et la valeur de la fréquence de cette charge.

Lorsqu'un moteur démarre, le courant appelé est toujours très important mais l'appel de courant varie suivant le procédé mis en œuvre pour assurer ce démarrage.

La puissance apparente nécessaire pour faire fonctionner les équipements est donnée par la formule.

$$S = \frac{\sqrt{3}}{1000} * U_n * I_n$$

Avec S (en KVA), U_n la tension nominale (en V) et I_n le courant nominal (en A).

Mais le groupe électrogène faisant appel à un courant de démarrage supérieur à I_n , il faudra dimensionner le groupe électrogène en tenant compte de ce courant de démarrage.

$$S_d = (1 - \Delta U) * \left(\frac{I_d}{I_n} \right) * \left(\frac{P_n}{\cos(\Phi)_n} \right)$$

- ♣ S_d : Puissance de démarrage de l'électropompe
- ♣ I_d : Courant de démarrage de l'électropompe
- ♣ I_n : Courant nominale de l'électropompe
- ♣ P_n : Puissance nominale de l'électropompe
- ♣ $\cos(\Phi)_n$: Facteur de puissance en régime établi= 0,8
- ♣ ΔU : Chutes de tension aux bornes de l'alternateur

La chute de tension aux bornes de l'alternateur au moment de l'impact du au démarrage est donnée par :

$$\Delta U = U_n * \left(1 - X \frac{S_d}{S_n} \right)$$

Avec X la réactance équivalente définie par :

$$X = \left(\frac{X_d'' + 2 * X_d'}{3} \right)$$

X_d'' et X_d' étant respectivement les réactances longitudinales transitoires saturées et sub transitoire saturée de l'alternateur.

Nous veillerons à ce que la puissance S_g (KVA) du groupe électrogène retenu satisfasse aux trois (03) ci-dessous :

Pour la station de traitement, on considère le cas le plus défavorable correspondant aux pompes d'eau traitée en service tandis qu'un des filtres est en lavage, l'eau de service est utilisée, les pompes à boues sont en marche et l'éclairage est en service.

$$(i) \quad S_g \geq 1.1 * S_n$$

$$(ii) \quad S_g \geq \frac{S_d}{2}$$

$$(iii) \quad \Delta U \leq 15\%$$

5.3.7. Transformateurs

Le choix du transformateur se fera en fonction des équipements de la station de pompage.

La puissance minimale apparente du transformateur S Transfo que doit délivrer le transformateur est donnée par la formule :

$$S_{Transfo} = \sum \left(\frac{P_{Pompes}}{\cos(\Phi)_{Pompes}} \right) + \frac{P_{\text{éclairage}}}{\cos(\Phi)_{\text{éclairage}}} + \frac{P_{\text{autres}}}{\cos(\Phi)_{\text{autres}}} + \frac{P_{\text{réserve}}}{\cos(\Phi)_{\text{réserve}}}$$

$$\cos(\Phi)_{\text{pompe}} = \cos(\Phi)_{\text{réserve}} = 0.8 \text{ et } \cos(\Phi)_{\text{éclairage}} = 1$$

Nous prenons comme réserve de puissance 20% de la puissance du transformateur.

Avec :

- P_{Pompes} : Puissance des électropompes de la station ;
- $P_{\text{éclairage}}$: Puissance nécessaire pour l'éclairage ;
- P_{autres} : Puissance des autres équipements tels que les coffrets de commande, les équipements de régulation...
- $P_{\text{réserve}}$: Puissance de réserve.

VI. ÉTUDE DES VARIANTES D'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE

6.1. PRODUCTION ET TRAITEMENT D'EAU BRUTE

6.1.1. Estimation des besoins en eau

Les résultats des calculs de débits sont synthétisés dans le tableau suivant pour les horizons 2025, 2030 et 2035.

Les débits d'eau brute ont été estimés sur la base des paramètres suivants :

Population :	Base de calcul, population estimée plus haut pour 2013 avec les taux de croissance indiqués par la SONEB
Temps de fonctionnement (T en h) :	15 h pour les forages
Consommation spécifique (Cs2025 en l/hab/j) :	35
Consommation spécifique (Cs2030 en l/hab/j) :	40
Consommation spécifique (Cs2035 en l/hab/j) :	45
Pertes de production Pp :	5%
Pertes sur réseau de distribution Pr :	15%
Coefficient de pointe saisonnière Cs :	1.10
Coefficient de pointe journalière Cj :	1.10

Les calculs détaillés sont annexés (annexe 1).

Tableau 15 : Évaluation des besoins en eau

Années	Population	Besoins nets journaliers Qj (m³/j)	Besoins journaliers (m³/j) y/c pertes distribution Qd	Besoins journaliers (m³/j) y/c de production Qp	Débit moyen horaire eau brute à traiter (m³/h) Qb
2025	11 724	497	571	600	40
2030	13 291	643	740	777	52
2035	15 067	820	943	991	66

Les besoins totaux moyens en eau brutes pour l'horizon 2035 sont de 991 m³/j par jour soit 66 m³/h pour 15 heures de fonctionnement par jour. Ce débit sera arrondi à 70 m³/h pour la suite du projet.

6.1.2. Bilan besoins – ressources disponibles

Le bilan ressources besoins est fait à partir des besoins estimés pour les différents horizons et la capacité actuelle des infrastructures de production d'eau. Cette capacité actuelle sera considérée constante jusqu'en 2035. La ville dispose actuellement d'un forage équipé de capacité 8 m³/h. Le traitement consiste en une chloration. Le tableau suivant donne le bilan besoin / ressources disponibles aux différents horizons considérés.

Tableau 16 : Capacités de la station de traitement aux différents horizons

Années	Production totale nécessaire (m³/h)	Capacité existante (m³/h)	Capacité supplémentaire nécessaire estimée (m³/h)	Capacité supplémentaire retenue (m³/h)
2025	40	8	32	35
2030	52	8	44	50
2035	66	8	58	60

Le déficit de production d'eau brute sera de **30 m³/h** en 2025. Elle augmentera jusqu'à **60 m³/h** en 2035 en passant par **45 m³/h** en 2030 avec les hypothèses considérées et pour une couverture à 100% des besoins.

6.1.3. Production d'eau brute

Il n'existe pas de sources de surface douces dans les environs de la ville de Toucountouna. La seule source d'eau brute reste donc de l'eau de souterraine à exploiter par forages.

D'après les résultats des études géophysiques, les débits escomptés des forages dans la ville de Toucountouna varient entre un minimum de 10 m³/h et un maximum de 15 m³/h. En considérant un débit minimum de 10 m³/h (pour rester du côté de la sécurité), le nombre de forages nécessaires pour satisfaire la demande supplémentaire 06.

Au total, 07 forages dont celui existant permettront de produire un débit de 70 m³/h.

6.1.4. Traitement

Le forage actuel produit une eau dont la qualité ne nécessite pas un traitement complexe. Seulement une chloration est réalisée. Les données des eaux brutes des forages ne sont pas encore disponibles. Cependant, pour tenir compte des observations sur la version provisoire de la SONEB, il est proposé un traitement comportant :

- ◆ Une tour de dégazage;
- ◆ Une filtration ;
- ◆ Une désinfection par chloration.

Le principe de traitement sera le suivant :

- ◆ L'eau refoulée des forages sera recueillie dans la tour de dégazage. Une soufflante d'air permettra de fournir à l'eau la quantité d'air nécessaire à son aération. La tour de dégazage aura pour rôle de Stripper les gaz (CO₂, H₂S...) en réduisant la teneur en CO₂ à 20-15m/l et en H₂S à 0.2-0.1mg/l. Il permet également de diminuer la teneur en fer en cas de nécessité;
- ◆ À la sortie de la tour, l'eau est recueillie dans un canal de répartition. Ce canal permet de répartir l'eau aérée dans les filtres.
- ◆ Ensuite suit l'étape de la filtration qui se fera sur filtre à sable rapide. On disposera de deux (02) filtres parallèles par filière pour plus de souplesse dans l'exploitation ;
- ◆ L'eau filtrée est par la suite récupérée dans un réservoir d'eau traitée où elle sera désinfectée à l'hypochlorite de calcium.

- ◆ Un poste de pompage air eau est prévue pour le lavage des filtres. L'eau de lavage est prélevée de la bache d'eau traitée;
- ◆ Une station de pompage de reprise permettra alors de refouler les eaux traitées vers la distribution.

La station est conçue pour une capacité de traitement de **70 m³/h**.

☐ **Tour de dégazage**

La charge spécifique d'aération doit être comprise entre 20 et 75 m³/h/m² de surface d'échange air / eau. Pour un débit de 70 m³/h, la surface nécessaire est de 2.30 m² en considérant une charge spécifique de 30 m³/h/m². En considérant une largeur de tour de 2.00m, la hauteur d'eau sera de 2.00m. Il sera ainsi adopté une tour de dégazage de hauteur 4m (pour une hauteur d'eau de 2m) et de dimensions planes 2.00 m x 2.00m. Elle sera couverte par une toiture avec panneaux sandwich. Le tuyau d'alimentation de la tour sera en acier DN 160 mm afin de réduire la vitesse à 1.50 m/s. Le tuyau arrive au sommet de la tour et alimente 06 tuyaux en acier DN 80 chacun doté de 07 poudreuses pour la pulvérisation de l'eau.

L'eau tombe du sommet de la tour 2 m plus bas. Des chicanes courbes obtenues à partir de tuyaux en PVC DE 315 mm se trouve tout au long des 3 m de hauteur d'eau. Ces chicanes sont fixées sur deux parois opposés de la tour et forment 22 cascades (11 de chaque côté).

L'aération est aidée par une soufflante d'air qui introduit l'air à travers des diffuseurs placés sur un réseau de tubes en acier DN 100 mm au fond de la tour.

Le débit d'air de la tour est égal au volume de la tour au-dessus de la surface de l'eau soit 2.00 m x 2.00 m x 2.00 m = 8 m³ 06 fois en 1 heure.

On considérera un souffleur de capacité 50 m³/h. L'air sera diffusé à travers 10 diffuseurs de 5 m³/h.

☐ **Filtration**

L'eau décantée arrive dans les filtres à sable pour la poursuite du traitement. Les filtres sont du type rapide à courant descendant, à lavage par retour d'air et d'eau (simultanément ou alternativement), à couche unique de matériau filtrant et à équirépartition de débit. L'eau arrive dans les filtres à travers les robinets vannes d'admission. Les goulottes métalliques de 60 cm x 40 cm permettent la répartition de l'eau dans les filtres. Ils ont une légère pente vers l'aval. Le tableau suivant donne le dimensionnement de chaque filtre. Il sera prévu deux filtres par filière.

Tableau 17 : Dimensionnement des filtres

Désignation	Unité	Valeur	Limites
Données de base			
Charge superficielle	m ³ /h/m ²	5.00	5 - 6 m ³ /h/m ²
Charge au lavage à l'eau/air combiné	m ³ /h/m ²	10.00	6-10 (lavage air/eau)
Charge au lavage à l'eau	m ³ /h/m ²	30.00	>25 (lavage eau)
Durée de lavage à l'eau	min	10.00	5 - 15 min
Charge de lavage à l'air	m ³ /h/m ²	60.00	60-75 m ³ /h/m ²
Pression d'air de lavage (souffleuse)	bar	0.50	0,4 - 0,5
Ratio longueur/largeur		2.50	2.00 - 3.00
Vitesse dans conduite d'eau d'arrivée	m/s	1.00	1-1,5
Vitesse dans conduite d'eau filtrée	m/s	1.00	1-1,5
Vitesse dans conduite d'eau de lavage	m/s	2.50	1,5 - 2,5
Vitesse approx. dans conduite d'air	m/s	10.00	5.00- 10. 00
Vitesse dans conduite de boue de lavage	m/s	1.00	1-1,5
Débit de dimensionnement	m ³ /h	70	
Dimensionnement			
Superficie totale de filtres	m ²	14	
Nombre de filtres	unité	3	
Surface d'un filtre	m ²	4.67	
Largeur	m	3.00	
Longueur	m	2.00	
Débit eau de lavage	m ³ /h	180	
Débit d'air de lavage	m ³ /h	300	

La superficie de chaque filtre est de 6 m² (3.00 m x 2.00 m). Trois filtres seront nécessaires. Pendant le lavage d'un filtre, la charge superficielle pour les deux filtres restants est 5.83 m³/h/m² de qui est acceptable.

Le lit de sable repose sur un plancher en béton muni de buselures. La hauteur du lit de sable est de 0,9 m pour une granulométrie comprise entre 0,90 et 1,30 mm et un coefficient d'uniformité de 1,5. Il sera également prévu une couche de gravier de 0,1 m et la hauteur d'eau au-dessus du sable sera de 0,8 m. Chaque filtre sera équipé tel qu'indiqué sur les plans.

L'eau décantée est collectée dans une goulotte située le long des filtres. L'eau est ensuite admise dans une zone de tranquillisation par l'intermédiaire des vannes plates. L'admission d'eau dans les filtres est assurée par un jeu de vannes. La hauteur de l'eau dans les quatre filtres est régulée au même niveau, donnant le même écoulement d'eau.

À l'aide du système de régulation de filtre le plan d'eau dans les filtres est maintenu constant en fonctionnement normal, (quand celui-ci est colmaté, il s'en suit une augmentation anormale du niveau d'eau dans le filtre). Le flux des eaux à travers les filtres est régulé par le siphon concentrique installé sur chaque conduite de départ de chaque filtre. Le débit d'écoulement à travers les 4 siphons est régulé par le débit d'air introduit à la partie supérieure des siphons des 4 boîtes de partialisation montées sur les 4 filtres. L'eau ainsi filtrée est collectée par canalisation en fonte, où elle s'écoule de manière gravitaire jusqu'à la bêche d'eau traitée.

La figure suivante donne un schéma du type de filtre adopté. Il indique le matériau proposé pour la filtration et les différentes granulométries correspondantes.

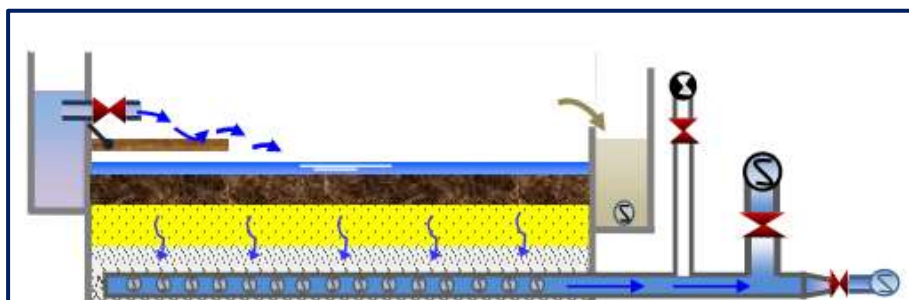


Figure 9 : Représentation schématique d'un filtre à sable

Le matériau de filtration utilisé est le sable. Il est à base de grains de quartz (tamisé après lavage et séchage). Il permet :

- ◆ Une rétention de MES non retenues par l'étape de décantation ;
- ◆ Un support de développement de bactéries permettant l'élimination par voie biologique de certains composés (Ammoniaque, Fer, Manganèse) ;
- ◆ Une protection des ouvrages situés en aval vis-à-vis du passage de microorganismes déjà évolués.

Le plancher du filtre est constitué de dalles en béton qui sont assemblées et sur lesquelles sont fixées des tuyères (crépines ou buselures), à raison de 50 unités par m² de surface filtrante.

Les parois du filtre seront traitées par une résine lisse, afin d'éviter une éventuelle prolifération algale.

Le filtre à sable disposera, entre autres, des équipements suivants :

- ◆ Un déversoir pour l'alimentation en eau décantée, installé dans un orifice qui est doté d'une vanne murale DE 110 mm, actionnée électriquement ;
- ◆ Un capteur de pression, mesurant le niveau d'eau dans le filtre ;
- ◆ Un capteur mesurant la pression d'eau sous le plancher du filtre ;
- ◆ Un régulateur électronique, qui actionne le degré d'ouverture (0 à 100 %) de la vanne automatique de type "papillon", installée sur la canalisation de sortie de l'eau filtrée ;
- ◆ Un canal, pour la répartition uniforme de l'air et de l'eau, au-dessous de la totalité du plancher supportant les buselures et ce, lors du lavage du filtre ;
- ◆ Une goulotte d'évacuation des eaux de lavage, en béton armé, située au-dessus du canal précité ;
- ◆ Un ensemble de vannes papillon, à commande pneumatique.

Le lavage des filtres se fait par air et par eau à l'aide d'un suppresseur et d'une pompe de lavage. Les caractéristiques de ces équipements sont données dans le paragraphe traitant des aspects électromécaniques.

Le lavage commence après fermeture du robinet vanne de l'arrivée d'eau décantée et la vidange du filtre jusqu'au niveau bas. Le cycle exact de lavage à l'air, à l'eau et mixte est défini pendant les essais de fonctionnement de la station de traitement et ensuite adapté avec les expériences d'exploitation

Durant le lavage d'un filtre, l'eau brute continue son pompage et la filtration des eaux continue à travers les trois (03) filtres restants. Les eaux provenant du lavage sont recueillies dans une goulotte et dirigées vers le réseau de drainage.

Classiquement le lavage d'un filtre à sable se décompose de la manière suivante :

- ◆ Phase détassage : Air pendant 1 à 2 minutes à un débit de $50 \text{ Nm}^3/\text{m}^2/\text{h}$ pour le détassage du matériau filtrant qui s'est progressivement compacté au cours de la filtration avec :
 - 30 secs pour lancement (0 - 50 m/h) ;
 - 2min à vitesse constante (50 m/h) ;
 - 30 sec pour arrêt (50 - 0 m/h).
- ◆ Lavage air + eau : Air dans les mêmes conditions que pour le détassage (40 à $60 \text{ Nm}^3/\text{m}^2/\text{h}$) + eau à faible débit (8 à $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) pendant pour détacher les matières retenues entre les grains ou accrochées à ces grains ;
- ◆ Rinçage à l'eau seule : À un débit plus élevé (20 à $30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) pendant environ 5 à 15 minutes pour entraîner hors de la masse filtrante toutes les matières en suspension décrochées.
 - 90 sec pour lancement (0 - 20 m/h) ;
 - 7 min à débit constant (20m/h) ;
 - 90 sec pour arrêt (20- 0 m/h).

L'eau de lavage des filtres sera prélevée de la bache à eau traitée.

☐ **Instrumentation**

Il sera prévu :

- ◆ Une (01) sonde de mesure de turbidité à la sortie de chaque filtre ;
- ◆ Une (01) sonde de mesure de chlore à la sortie de chaque filtre ;
- ◆ Une (01) sonde de mesure de température à la sortie de chaque filtre ;
- ◆ Une (01) sonde de mesure de pH à la sortie de chaque filtre.

☐ **Bâche à eau traitée**

Une bache sera construite dans l'enceinte de la station pour le stockage de l'eau après filtration et désinfection. Cette bache est conçue pour une autonomie de 1.00 heure soit : $70 \times 1 = 70 \text{ m}^3$.

☐ **Désinfection**

La désinfection de l'eau sera effectuée au chlore. L'hypochlorite de calcium, très utilisé est proposé. Le poste de désinfection est prévu pour le débit de toute la station.

Le tableau suivant donne les détails de calcul pour la désinfection.

Tableau 18 : Dimensionnement des ouvrages et équipements de désinfection

Paramètres	Unité	Valeur
Données de base		
Débit instantané (Q)	m ³ /h	70
Dose moyenne d'hypochlorite de sodium	g/m ³	2
Pureté du produit commercial	%	70
Concentration de produit commercial	kg/m ³	15
Demande en hypochlorite de sodium		
Demande en produit pur	kg/h	0.14
Demande en produit commercial	kg/h	0.20
Demande de solution	l/h	13.33
Réservoir et pompes		
Volume minimal du réservoir	m ³	0.29
Volume retenu	l	300
Débit de pompage	l/h	15

L'injection de désinfectant se fera sur la conduite entre les filtres et le réservoir d'eau traitée. Les pompes d'injection seront installées dans le local technique dans une configuration 1+1 (une pompe en fonctionnement et une en secours) avec un débit de 15 l/h par pompe. L'hypochlorite de sodium sera préparé dans un réservoir en PEHD de volume 300 l qui sera installé dans le local technique.

☐ **Ouvrages annexes**

Pour le fonctionnement de la station de traitement, des ouvrages annexes sont prévus :

- ◆ Une salle des machines abritant les pompes de refoulement des eaux traitées et de rétro lavage des filtres. Elle sera réalisée au-dessus de la bache d'eau traitée avec une toiture qui surplombera également les filtres.
- ◆ Un local technique comprenant une salle de contrôle, un magasin de conservation des réactifs où seront installées les pompes doseuses et les bacs des réactifs ainsi qu'un magasin de stockage des pièces de rechange.

6.2. RÉSEAU DE DISTRIBUTION

6.2.1. Topographie de la ville

Pour les besoins du projet, une carte topographique a été élaborée sur la base des courbes SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Bien que les altitudes issues des images SRTM ne soient pas très précises (comme le serait des levées topographiques de terrain), la génération de la carte topographique avec ces données permet d'apprécier la morphologie générale de la zone d'étude avec une précision suffisante pour la définition des bassins versants, le tracé des réseaux ainsi que leur calage à l'échelle d'un plan directeur. La carte topographique a été réalisée en suivant les étapes ci-après :

- ◆ sur la base de la carte *Google Earth Professionnel*, une zone dépassant largement les limites de la ville a été délimitée ;
- ◆ le contour délimité sur *Google Earth Professionnel* permet d'accéder, à l'aide du logiciel *Global Mapper* et d'une connexion internet, aux images SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la base de données de la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Il s'agit de fichiers matriciels et vectoriels topographiques fournis par la NASA ;
- ◆ les points topographiques sont ainsi exportés au format TIFF sous forme d'image. Ensuite ce même logiciel est utilisé pour la génération des courbes de niveau ;
- ◆ avec les courbes de niveau générées, une matrice est créée afin de disposer de points topographiques sur l'ensemble de la ville et ses environs. La matrice ainsi créée est exportée au format XYZ ;
- ◆ le fichier Excel créé a servi à l'élaboration du modèle numérique de terrain pour la définition des bassins et sous bassins versants, le tracé et calage des canalisations existantes et projetées etc...

Les données topographiques ainsi générées ont une précision suffisante pour l'élaboration d'un schéma directeur de drainage. Par ailleurs, les observations et relevées de terrain notamment le tracé des canalisations existantes, la localisation des points bas et des lignes de crête comparées aux résultats obtenus avec l'exploitation des données topographiques ainsi générées donnent des résultats très satisfaisants aussi bien sur la planimétrie que sur l'altimétrie. La carte suivante présente la carte topographique ainsi générée pour la ville de Toucountouna.

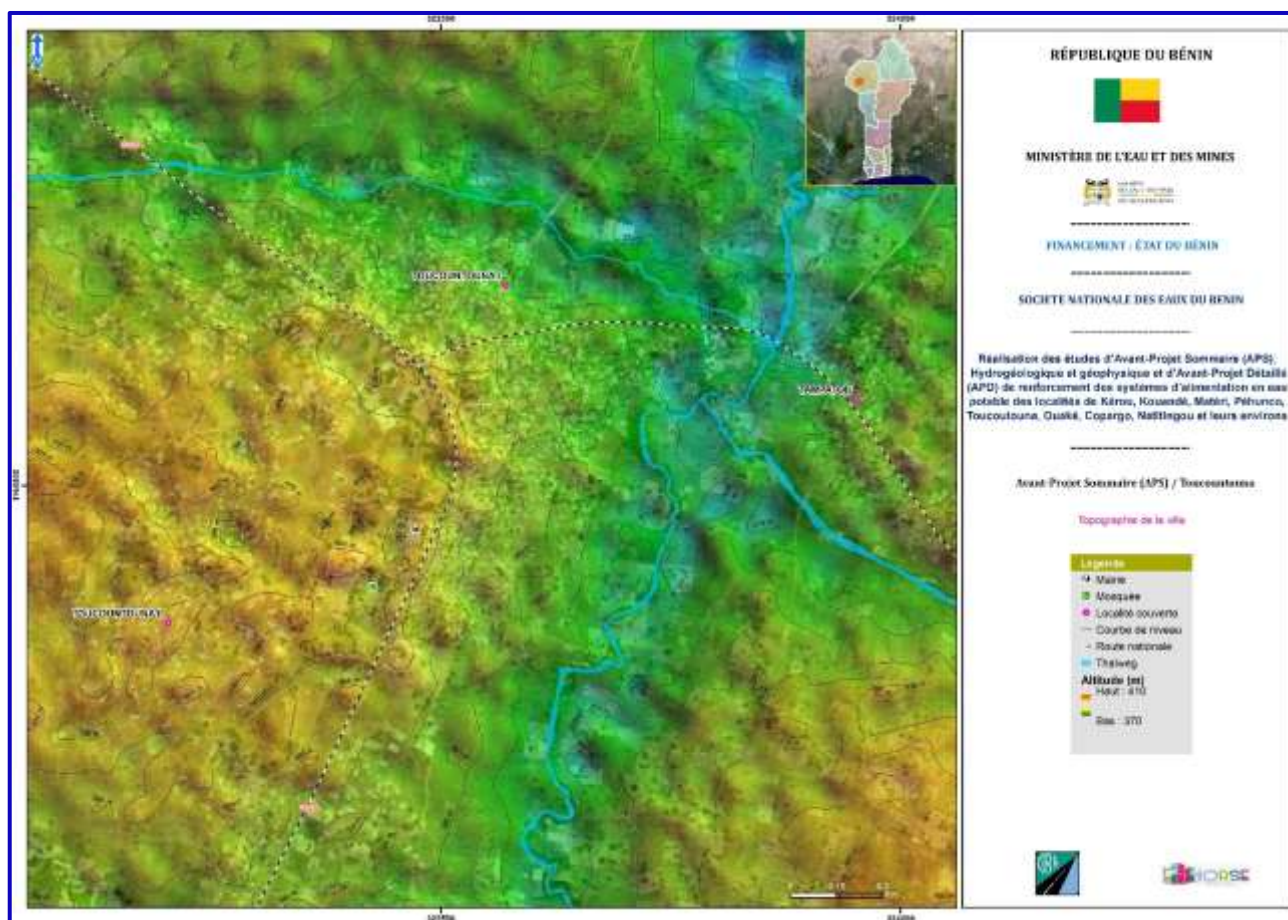


Figure 10 : Carte topographique de la ville de Toucountouna¹²

L'analyse de la carte topographique de la ville permet de constater que les parties les plus hautes de la ville se situent vers l'Ouest.

6.2.2. Options de réseau de distribution

La ville de Toucountouna dispose actuellement d'un château d'eau en béton de 50 m³ en bon état de fonctionnement. Cette capacité de stockage représente 6% des besoins en eau de la ville en 2035 ce qui est très faible. Sur la base de cet existant, deux options de réseau de distribution sont proposées.

- ◆ Une 1^{ère} option consistant à maintenir le château d'eau existant et à proposer des extensions et renforcements nécessaires pour que l'ensemble fonctionne avec ce même château d'eau sachant que l'autonomie du système ne sera que de 1.20 heures ;
- ◆ Une 2^{ème} option consistant à proposer un château d'eau de 200 m³ au niveau du même site que le château d'eau existant ce qui portera la capacité totale de stockage à 200 m³ soit 24% des besoins moyens journaliers en 2035.

¹² Source : CIRA / HORSE, Septembre 2021

Pour chacune des options, le réseau sera restructuré de telle sorte que les services en route soient éliminés. Le refoulement se fera ainsi directement des forages vers les châteaux d'eau avant que ces derniers ne desservent gravitairement les populations. De même, pour la désinfection, les locaux seront déplacés au niveau des réservoirs où sera construit une salle de chloration.

Pour l'étude du fonctionnement de chaque option, un modèle hydraulique sous RESODO est élaboré. Le modèle élaboré est simplifié car utilisé uniquement pour la vérification du fonctionnement des principaux ouvrages. À cet effet :

- ◆ Les forages refoulant vers un réservoir seront considérés comme une source unique ;
- ◆ Seules les conduites principales sont considérées ;
- ◆ Les consommations aux nœuds sont réparties sur les différents nœuds des conduites principales au prorata des zones desservies par chaque conduite principale.

Un modèle détaillé sera monté au stade des études d'Avant-Projet Détaillé une fois une variante définitivement retenue. Ce modèle intégrera les forages avec leur positions exactes et leur débit réel.

6.2.2.1. Option 1 : Maintien du château d'eau existant de 50 m³

Pour cette variante, les forages vont refouler directement vers le château d'eau existant qui alimentera de manière gravitaire la ville.

Afin de réaliser les extensions prévues, les aménagements suivants sont proposés sur le réseau existant :

- ◆ La conduite principale DE 90 mm quittant le château d'eau allant vers Kpentikou au Nord de la ville sur la RNIE3 devra être remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations. De même, la conduite qui passe de l'autre côté de la route en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm ;
- ◆ La conduite principale DE 75 mm qui passe devant la Mairie pour aller vers Toucountouna I au Sud de la ville sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations. De même, la conduite qui passe de l'autre côté de la route en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm ;
- ◆ La conduite qui part du centre-ville en DE 90 mm pour continuer vers l'Est en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 110 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations ;
- ◆ Des conduites en DE 75 mm seront remplacées par des conduites en PEHD DE 110 mm pour pouvoir alimenter correctement les zones de Forgou, Bolomkondé et Kpentikou I.

La courbe suivante donne le fonctionnement global du système. Les pompes des forages fonctionnent 15 heures par jour à partir de 2035.

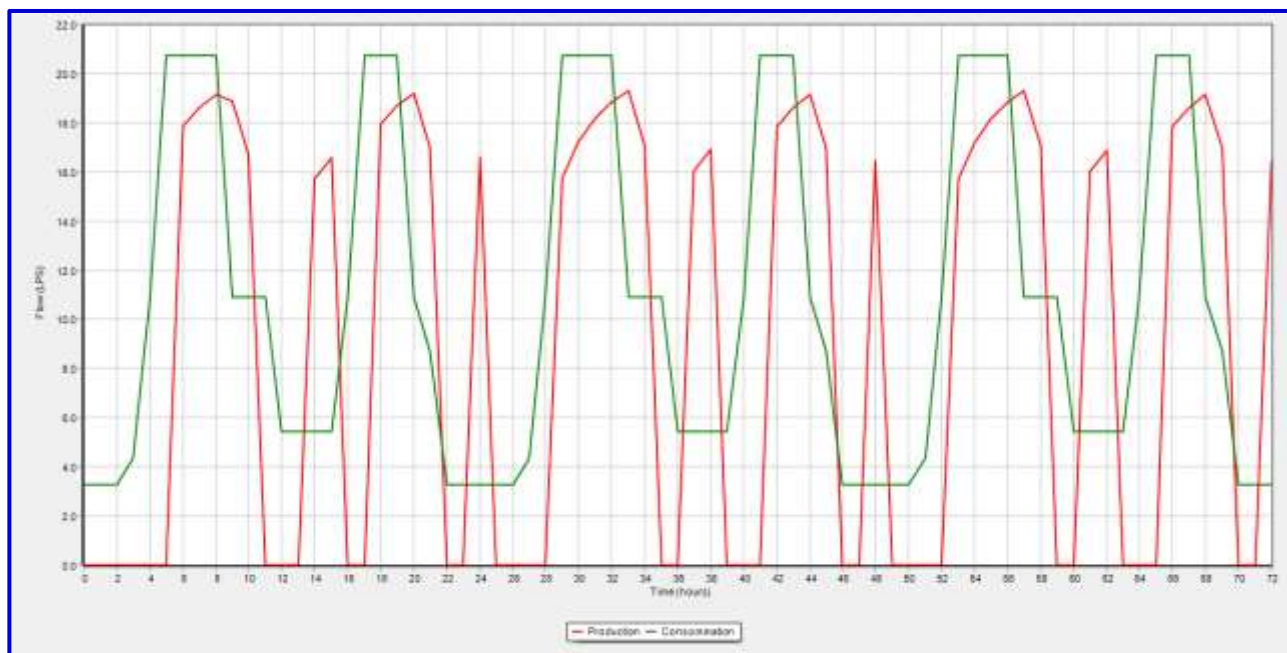


Figure 11 : Balance en eau option 1

Le fonctionnement du château d'eau est présenté sur la figure ci-dessous.

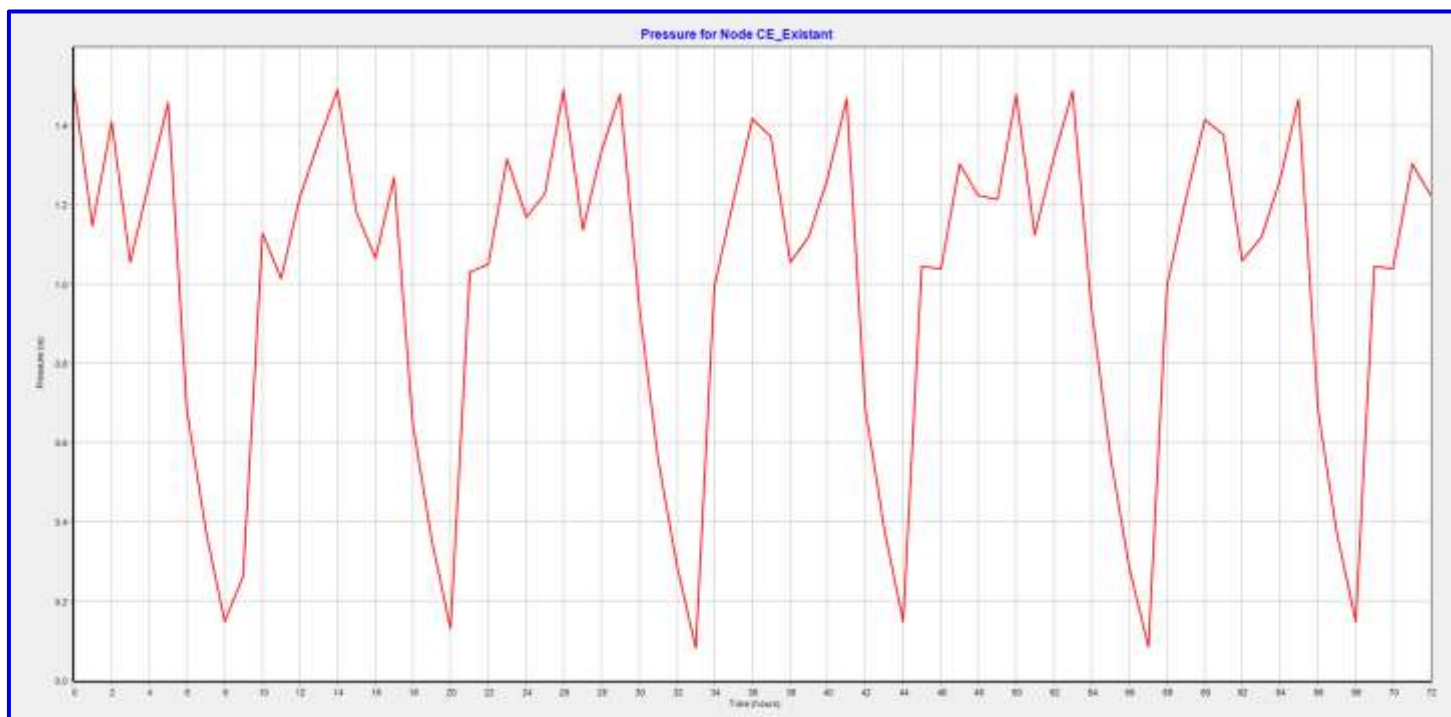


Figure 12 : Fonctionnement du château d'eau option 1

Le château se vide et se remplit rapidement et plusieurs fois par jour ce qui montre la faiblesse de son volume par rapport aux besoins.

Les pressions au niveau des nœuds varient entre un minimum de -4.27 bar et 3.60 bars. Des pressions négatives sont ainsi notées pendant les heures de fortes consommations dans les zones Ouest de la ville. La figure suivante présente les pressions au nœuds pour les heures de fortes (à gauche) et basses (droite) consommations.

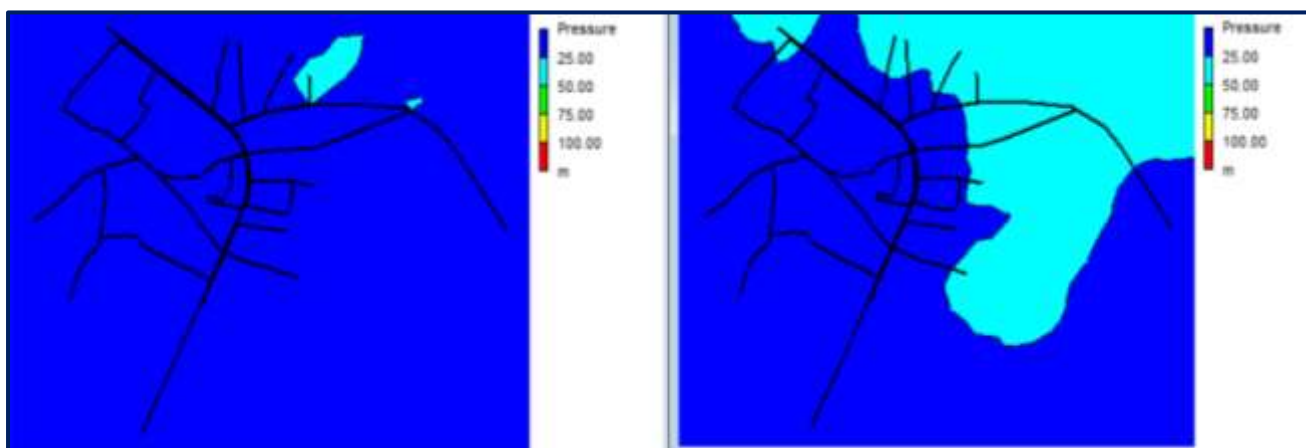


Figure 13: Distribution des pressions option 1

6.2.2.2. Option 2 : Construction d'un nouveau château d'eau de 200 m³ sur 20 m de haut au niveau du site du château d'eau existant

Pour cette variante, tous les forages refoulent vers les deux châteaux d'eau. Toute la ville sera ainsi alimentée à partir des deux châteaux d'eau qui seront connectés sur la même conduite principale de distribution.

Afin de réaliser les extensions prévues, les aménagements suivants sont proposés sur le réseau existant :

- ◆ La conduite principale DE 90 mm quittant le château d'eau allant vers Kpentikou au Nord de la ville sur la RNIE3 devra être remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations. De même, la conduite qui passe de l'autre côté de la route en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm ;
- ◆ La conduite principale DE 75 mm qui passe devant la Mairie pour aller vers Toucountouna I au Sud de la ville sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations. De même, la conduite qui passe de l'autre côté de la route en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm ;
- ◆ La conduite qui part du centre-ville en DE 90 mm pour continuer vers l'Est en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 110 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations ;
- ◆ Des conduites en DE 75 mm seront remplacées par des conduites en PEHD DE 110 mm pour pouvoir alimenter correctement les zones de Forgou, Bolomkondé et Kpentikou I.

La courbe suivante donne le fonctionnement global du système. Les pompes des forages fonctionnent 16 heures par jour.

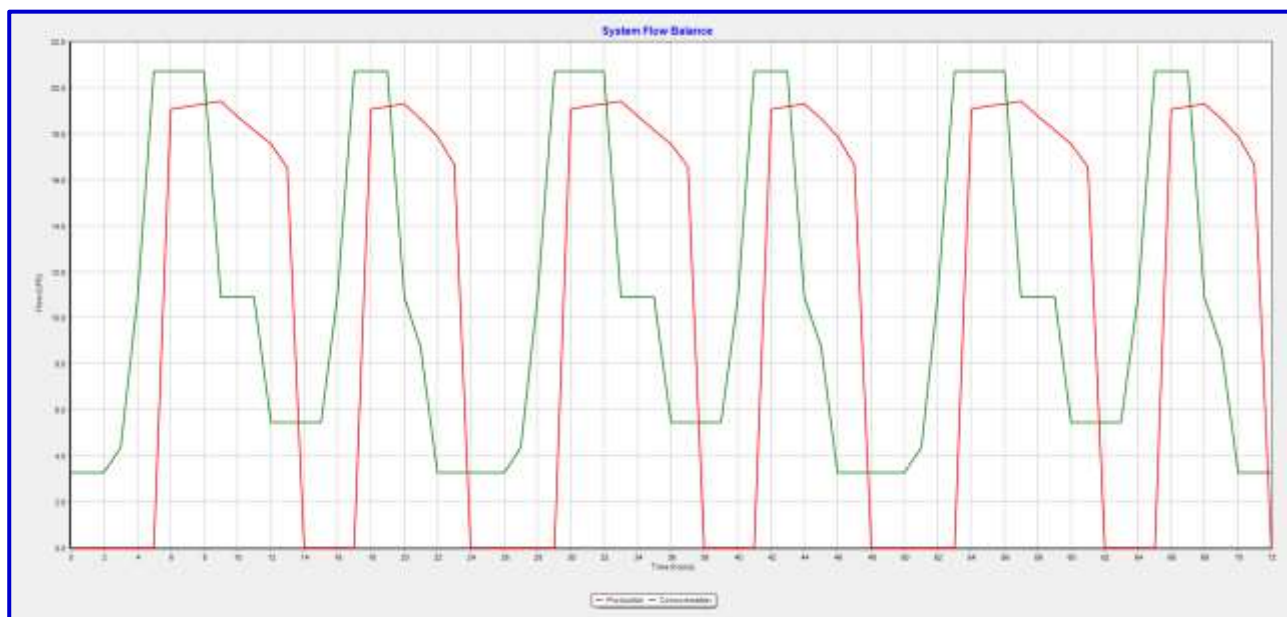


Figure 14 : Balance en eau option 2

Le fonctionnement des châteaux d'eau est présenté sur la figure ci-dessous.

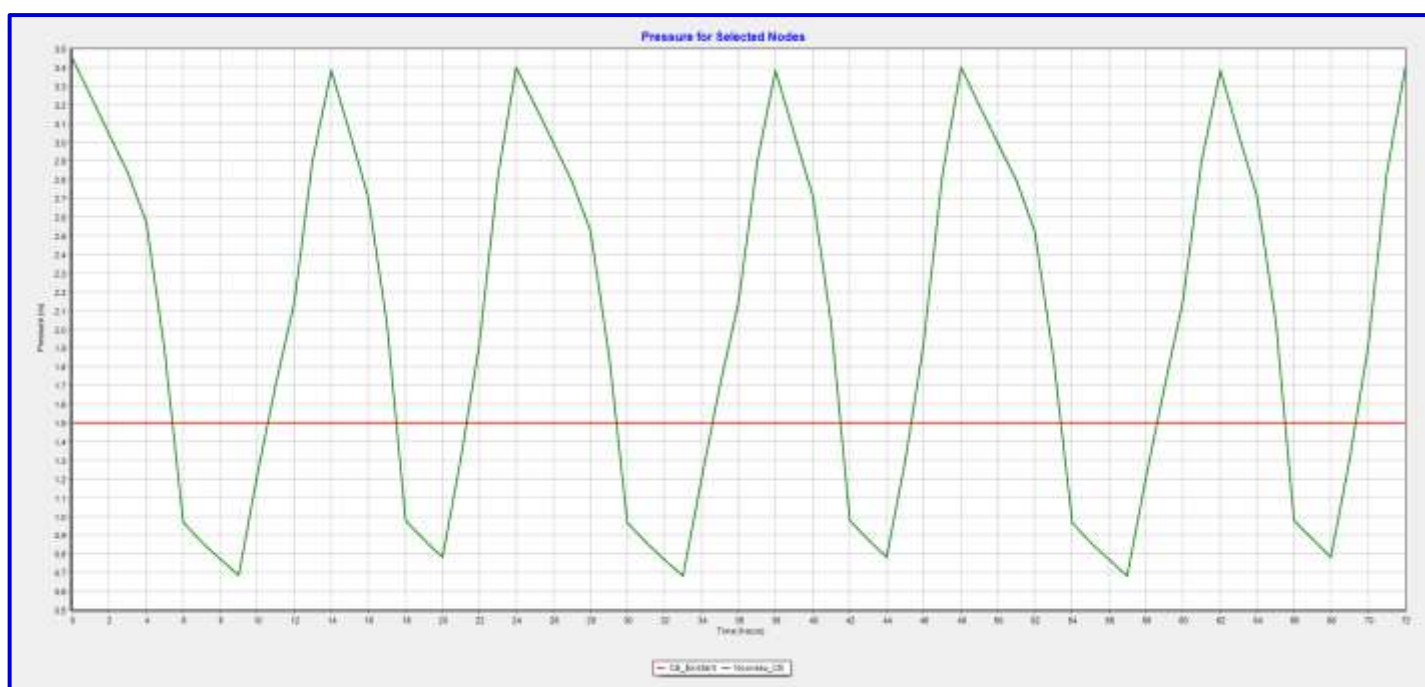


Figure 15 : Fonctionnement des deux châteaux d'eau option 2

Le château d'eau existant ne se vide jamais. Il peut donc être mis hors service sans perturber le fonctionnement global du réseau de distribution. Cependant, pour disposer d'une capacité de stockage plus important, il peut être maintenu dans le réseau et être utilisé pendant les périodes d'entretien de la station ou du nouveau château d'eau.

Les pressions au niveau des nœuds varient entre un minimum de 0.50 bar et 4.80 bars. La figure suivante présente les pressions au nœuds pour les heures de fortes (à gauche) et basses (droite) consommations.

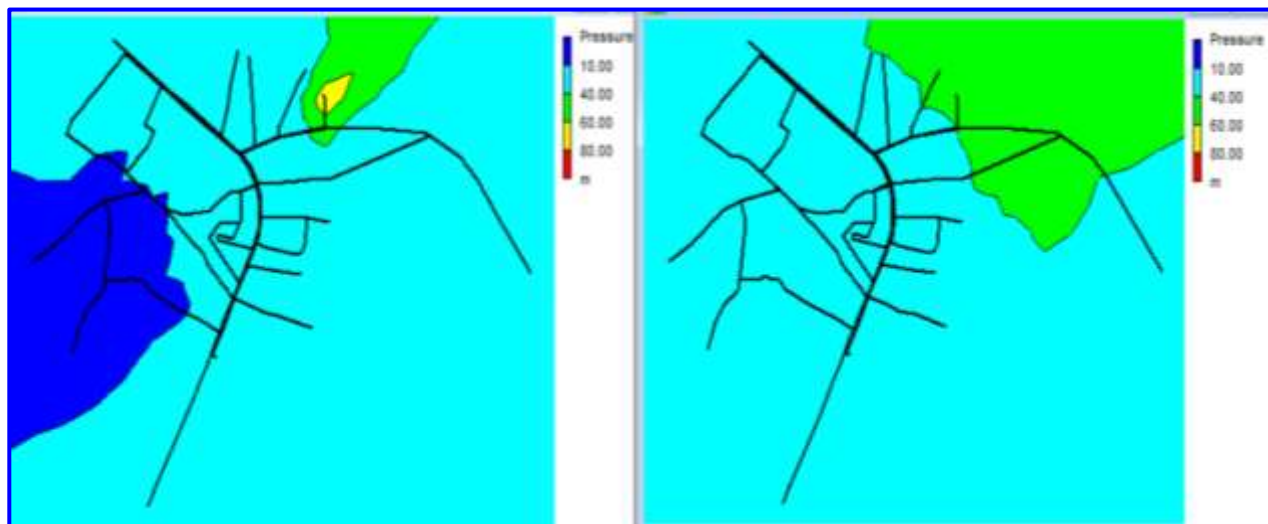


Figure 16 : Distribution des pressions option 2

6.2.2.3. Comparaison des variantes de réseau de distribution

Le tableau suivant donne une analyse comparative du réseau de distribution pour les deux options.

Tableau 19 : Avantages et inconvénients des variantes de traitement

Variantes	Principales caractéristiques	Avantages	Inconvénients
Option 1	Les forages vont refouler directement vers le château d'eau existant de 50 m ³ qui alimentera de manière gravitaire la ville ♦ PEHD DE 160 mm : 6 394ml ♦ PEHD DE 110 mm : 12 649 ml Pressions aux nœuds comprises entre -4.27 bars et 3.6 bars	Moins onéreux Permet un fonctionnement correct du réseau quelques heures par jour en 2035 en maintenant tous les ouvrages existants.	Coupure d'eau dans les zones hautes pendant les périodes de fortes consommation
Option 2	Tous les forages refoulent vers les deux châteaux d'eau : l'ancien de 50 m ³ et le nouveau de 200 m ³ . Toute la ville sera ainsi alimentée à partir des deux châteaux d'eau qui seront connectés sur la même conduite principale de distribution existant renforcé avec les canalisations suivantes : ♦ PVC DE 160 mm : 6 394 ml ♦ PVC DE 110 mm : 12 649 ml Pressions aux nœuds comprises entre 0.50 bars et 4.80 bars	De bonnes pressions sur le réseau à tout moment	Plus onéreux

6.2.3. Proposition d'une option à retenir

Sur la base de cette comparaison, il est proposé de retenir l'option 2 pour la suite du projet. En effet, bien qu'elle soit plus onéreuse du fait du nouveau château d'eau cette option, est la plus intéressante par ce qu'elle permet un fonctionnement optimal des pompes des forages du fait que le volume de

stockage est appréciable. Par ailleurs, la hauteur du nouveau château d'eau permet de disposer de bonnes pressions sur l'ensemble de la ville.

6.3. SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE PROPOSÉ

6.3.1. Production d'eau brute

La production d'eau brute est assurée par des forages réalisés dans la ville et ses environs immédiats. Les sites d'implantation des forages sont indiqués dans le rapport hydrogéologique et géophysique. Ils seront confirmés à l'issue des travaux de forages prévus et les positions définitives données dans le rapport d'APD.

Au total, il est prévu **07 forages** :

- ◆ **01 forage existant** qui sera réhabilité : murs de clôture, cabine de pompage, reprise du refoulement, robinetterie et vannes, soufflage etc.
- ◆ **06 nouveaux forages** pour un débit unitaire moyen de **10 m³/h**.

La production totale est de **70 m³/h**.

La figure suivante donne une synoptique de l'agencement prévu des forages.

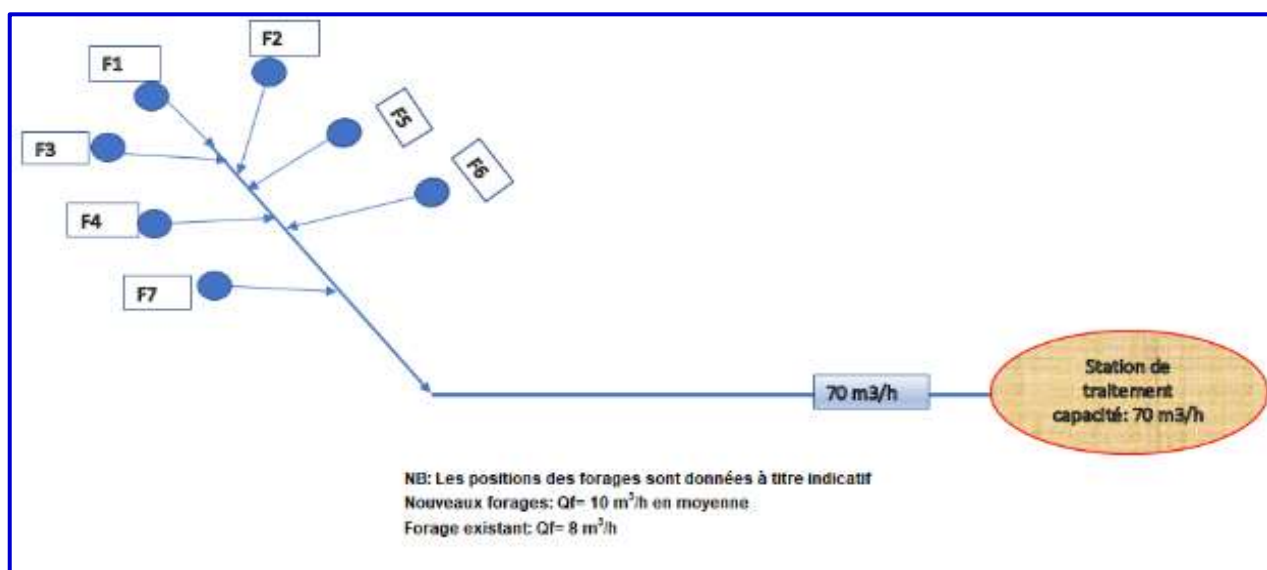


Figure 17 : Synoptique type de l'agencement des forages

6.3.2. Traitement

Le traitement des eaux se fera au niveau d'une nouvelle station de traitement pour une capacité totale de **70 m³/h**. La station sera réalisée sur le même site que le réservoir existant et comprendra:

- ◆ Une tour de dégazage;
- ◆ Une filtration ;
- ◆ Une désinfection par chloration.

La figure suivante présente son profil hydraulique type.

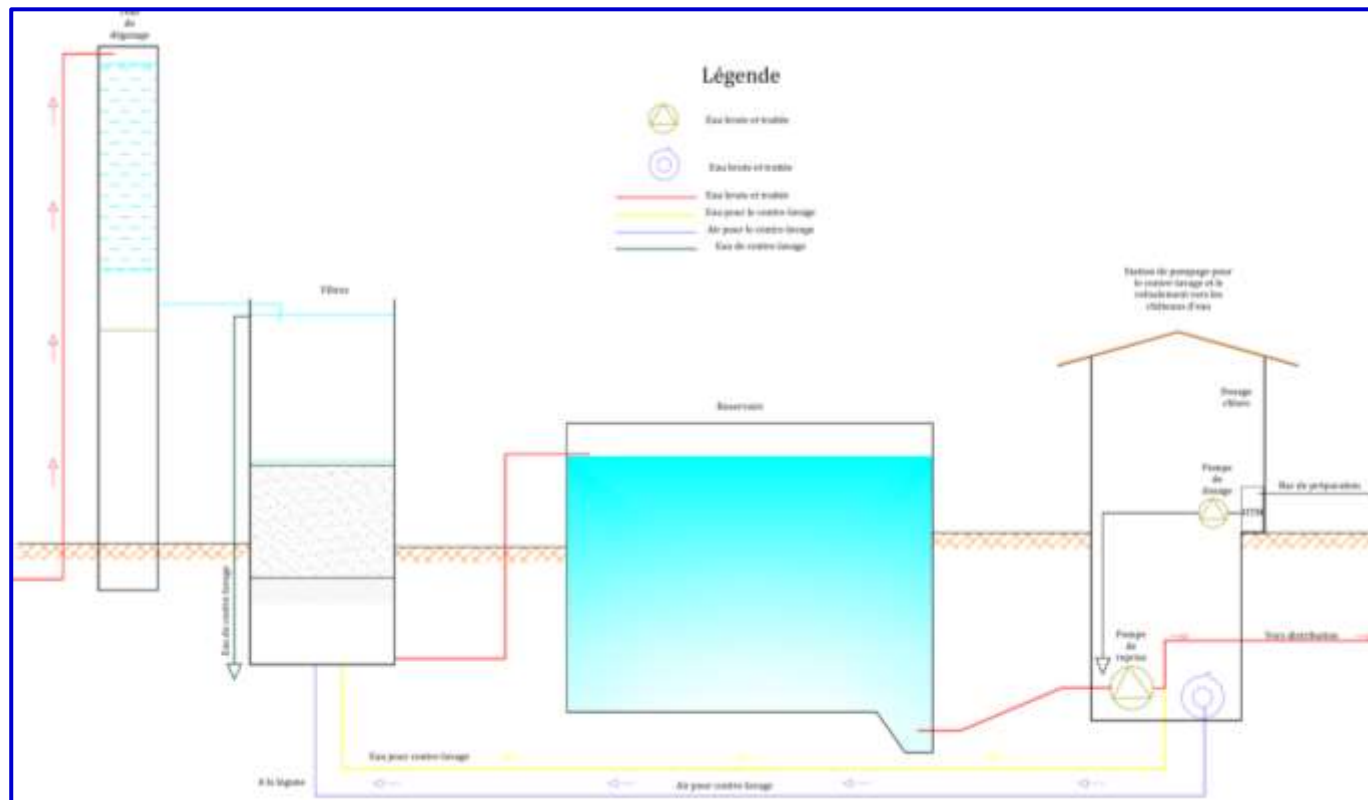


Figure 18 : Profil hydraulique type de la station de traitement

6.3.3. Stockage

Le stockage des eaux traitées, outre la bache à eau traitée qui se trouve dans l'enceinte de la station de traitement comprendra un château d'eau existant de capacité 200 m³ en lieu et place du réservoir existant.

La figure suivante donne la configuration du réseau principale de distribution.

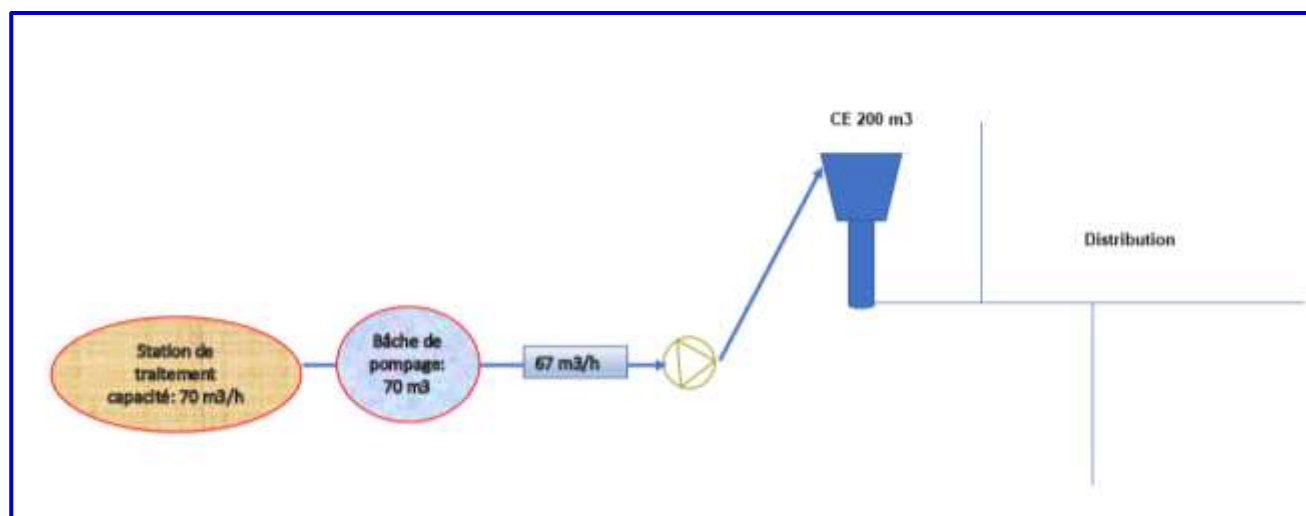


Figure 19 : Illustration de la configuration du réseau de distribution

6.3.4. Distribution

Le réseau de distribution comprend :

- ◆ Le réseau existant maintenu et réhabilité : il s'agit des conduites dont le diamètre est insuffisant aux vues des extensions prévues: Elles sont remplacées par des conduites en PEHD :
 - La conduite principale DE 90 mm quittant le château d'eau allant vers Kpentikou au Nord de la ville sur la RNIE3 devra être remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations. De même, la conduite qui passe de l'autre côté de la route en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm ;
 - La conduite principale DE 75 mm qui passe devant la Mairie pour aller vers Toucountouna I au Sud de la ville sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations. De même, la conduite qui passe de l'autre côté de la route en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 160 mm ;
 - La conduite qui part du centre-ville en DE 90 mm pour continuer vers l'Est en DE 75 mm sera remplacée par une conduite en PEHD DE 110 mm. Elle sera prolongée jusqu'aux dernières habitations ;
 - Des conduites en DE 75 mm seront remplacées par des conduites en PEHD DE 110 mm pour pouvoir alimenter correctement les zones de Forgou, Bolomkondé et Kpentikou I.
- ◆ Le nouveau réseau principal prévu:
 - Conduites principales en PEHD DN 110 mm à DN 160 mm pour un linéaire total de 19 043 ml ;
 - des conduites secondaires et tertiaires de diamètres 90 mm et 75 mm, les superficies des zones d'extension sont considérées et des ratios par hectare sont calculés en se basant sur la configuration du bâti et du réseau existant. Pour un ratio de 120 ml/ha et une superficie totale de 200 ha, le linéaire total de canalisations secondaires et tertiaires est de 37 000 ml réparti comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 20 : Récapitulatif des extensions de conduites secondaires et tertiaires

Désignation	Unité	Quantité
PVC DE 90 PN 10	ml	11 100
PVC DE 75 PN 10	ml	25 900
TOTAL	ml	37 000

Les linéaires seront ajustés au stade des APD.

6.3.5. Télégestion

❑ Généralités

Afin d'optimiser l'exploitation des installations de la ville, il est prévu la mise en place d'un système de télégestion par radio des différents sites (forages, station de traitement, châteaux d'eau).

A partir du poste de supervision qui sera installé dans l'enceinte de la station de traitement, il sera possible d'avoir une vue générale sur le système d'AEP et au besoin, d'opérer des commandes d'équipements à distance (pompes, vannes électriques, etc.). Le système devra pouvoir émettre des alertes par messagerie dès la survenue d'évènement qui seront à définir avec l'exploitant.

La télégestion permettra d'améliorer le fonctionnement des réseaux et d'en réduire les coûts d'exploitation et de gestion.

La marche des pompes de refoulement de la station pourra être asservie au niveau d'eau dans les châteaux d'eau puisque le système devra pouvoir ramener les informations de niveau en continu de tous les châteaux d'eau.

Chaque coffret de télégestion devra disposer d'un nombre suffisant d'entrées/sorties pour prendre en compte les informations suivantes :

- ◆ La présence ou l'absence de tension dans l'armoire de commande de la pompe du forage ;
- ◆ Le défaut thermique de chaque pompe ;
- ◆ Le défaut du variateur ou du démarreur qui pilote la pompe ;
- ◆ Le débit de chaque pompe ;
- ◆ L'arrêt d'urgence ;
- ◆ Le mode de marche de la pompe (Manuel, Automatique ou à distance) ;
- ◆ Le retour de marche de la pompe ;
- ◆ L'ordre de marche de la pompe ;
- ◆ Le niveau d'eau dans les forages ;
- ◆ Etc...

Une réserve d'au moins 30% sur les entrées/sorties devra être prévue pour prendre en compte des extensions futures. Les informations devront être disponibles au niveau de l'ensemble des sites de supervision. Des droits d'accès seront définis pour permettre ou pas de visualiser et de commander les équipements à partir d'un site donné.

Pour faciliter la mise en œuvre du système de télégestion, nous préconisons l'utilisation d'antenne omnidirectionnelle qui ne nécessite pas de d'orientation spécifique.

Chaque coffret de télégestion devra disposer d'une autonomie d'au moins trois (03) heures pour pallier aux éventuelles coupures de courant et de toutes les protections nécessaires contre les surtensions d'origine atmosphérique.

Chaque poste de supervision sera constitué d'un micro-ordinateur compatible PC muni du logiciel de conduite de process sous Windows.

Le PC de supervision devra recevoir un logiciel de supervision gérant la redondance informatique et qui doit permettre :

- ◆ La sécurisation des accès aux différents modules de la supervision ;
- ◆ La surveillance des ouvrages et de leur environnement à l'aide de synoptiques animés ;
- ◆ L'introduction de la consigne de débit et la mise en marche et l'arrêt des équipements.

Il devra être évolutif et permettre :

- ◆ La génération des courbes avec analyse des tendances, changement d'échelles pour chaque courbe, affichage des statistiques et des unités réelles, visualisation simultanée d'au moins dix courbes ;
- ◆ La génération des alarmes et des évènements ;
- ◆ La production de rapports d'exploitation avec des modèles proposés par défaut (rapport journalier, hebdomadaire, mensuel, trimestriel, semestriel et annuel) ;
- ◆ L'enregistrement des données ;
- ◆ L'aide à la maintenance (heures de marche, gestion des opérations d'entretien à intervalles fixes, ...) :
 - La gestion des alarmes horodatées ;
 - Archivage dans la base de données.
- ◆ La gestion des astreintes ;
- ◆ L'aide didactique pour la programmation et la mise à jour du logiciel ;
- ◆ Le logiciel sera fourni dans les deux versions Run time et Développement ;
- ◆ Etc.

Suivant l'environnement utilisé Windows, il sera prévu d'installer une suite bureautique comprenant un traitement de texte, un tableur, un gestionnaire de base de données, un navigateur Internet, etc. La licence doit être fournie avec le logiciel.

Le PC de chaque poste de supervision doit être de la meilleure configuration disponible lors de la fourniture.

Il comprendra au moins :

- ◆ Stockage : 2 To + 256 Go SSD ;
- ◆ Un lecteur graveur de DVD ;

- ◆ Un processeur de dernière génération ;
- ◆ Deux cartes graphiques de dernière génération ;
- ◆ Les ports nécessaires à la communication avec l'automate.

Il sera muni d'un écran mural de 75".

Il sera prévu au niveau de chaque poste de supervision la fourniture d':

- ◆ Une imprimante laser N&B de dernière génération avec 5 Toner de rechange ;
- ◆ Un onduleur pour l'alimentation du PC et de l'imprimante avec autonomie de 1 heure en fonctionnement sur PC ;
- ◆ Un PC portable avec les logiciels nécessaires à la configuration des automates ainsi qu'une suite bureautique avec licence. Il doit être de dernière génération avec disque dur d'au moins 1To + 128 Go SSD.

☐ **Support de communication**

La communication entre l'automate principal et les automates à l'intérieur d'un même site se fera par fibre optique monomode. La communication de l'automate principal avec les sites éloignés se fera par Radio.

Les automates seront équipés des modems et ports nécessaires à assurer la communication.

☐ **Site des champs de forage**

Chaque forage devra disposer d'un coffret de télégestion équipé d'un modem radio de puissance 1 watt et disposer d'un ensemble d'entrées sorties tout ou rien et analogiques pour l'acquisition des données d'exploitation dudit forage.

Par soucis d'économie, les signaux issus des radios modem de chaque forage seront centralisés sur un ou plusieurs modems radio qui se chargeront de la transmission longue distance entre le champ de captage et les différents sites de supervision.

Cette architecture permettra d'utiliser des modems de moindre puissance (1 watt) donc de moindre coût au niveau de chaque coffret de télégestion des forages tandis qu'un ou des radios modem de grande puissance (5 watts) seront dédiés à la centralisation des données des différents forages et à leur transmission (longue distance) entre le champ de captage et les différents sites de supervision.

Au niveau de chaque forage le coffret de télégestion devra disposer d'un nombre suffisant d'entrée/sortie pour prendre en compte les informations suivantes :

- ◆ La présence ou l'absence de tension dans l'armoire de commande de la pompe du forage ;
- ◆ Le défaut thermique de la pompe ;
- ◆ Le défaut du variateur ou du démarreur qui pilote la pompe ;
- ◆ Le niveau bas du forage ;
- ◆ Le débit bas du forage ;
- ◆ L'arrêt d'urgence ;
- ◆ Le mode de marche de la pompe (Manuel, Automatique ou à distance) ;

- ◆ Le retour de marche de la pompe ;
- ◆ L'ordre de marche de la pompe ;
- ◆ Le niveau dynamique du forage.

☐ **Station de traitement**

Un poste de supervision SCADA sera installé à la station de traitement qui est le meilleur site pour la supervision. Ce superviseur devra permettre le contrôle de commande des équipements de production de la station mais aussi ceux des autres sites (forages et châteaux).

L'écran de supervision devra être de type LCD d'au moins 75 pouces. Les synoptiques doivent être à la fois simples et représenter de façon réaliste les équipements du système d'AEP. Un jeu de couleur devra indiquer les différents états de marche, arrêt ou défauts des actionneurs.

Pour des raisons de sécurité, seul l'opérateur désigné sur le site de supervision pourra démarrer ou arrêter un équipement (pompes, etc.).

La commande des sites distants à partir de la station de supervision se fera par un coffret radio installé dans le local des armoires de commande.

Ce coffret radio devra pouvoir collecter toutes les informations nécessaires à la supervision et à la télégestion des équipements de la station de traitement, des pompes des forages et il devrait être possible d'étendre les informations télégeables sans besoin de câblage supplémentaire entre le coffret radio et les armoires des pompes.

L'entreprise qui aura à charge les travaux devra trouver l'emplacement adéquat pour l'installation des mats ou pylône pour le montage des antennes ainsi que toutes les protections requises pour ce type d'installation (paratonnerre, balise anti-avions, etc.).

☐ **Les centres de supervision**

Il y aura pour un même système, plusieurs centres de supervision mais pour des raisons de sécurité, il ne sera pas possible à un opérateur au niveau d'un centre non autorisé de démarrer un équipement. Seule une visualisation de l'état des différents actionneurs est possible.

☐ **Instrumentation**

Le système de télégestion devra permettre l'acquisition à distance d'un certain nombre d'informations par les superviseurs installés dans les différents sites.

Pour ce faire, des capteurs de mesure en continue de niveau d'eau devront être installés sur les forages et les châteaux d'eau du réseau. Les coffrets de télégestion des différents sites devront disposer de ressources suffisantes pour le raccordement d'informations supplémentaires (pression, débit, information Tout ou rien).

6.3.6. Récapitulatif

Sur base des options de traitement et options d'extension de réseau, le système d'alimentation en eau potable proposé pour l'amélioration de la desserte en eau de la ville de Toucountouna les éléments récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Récapitulatif du système d'AEP proposé

Désignations	Infrastructures
Production d'eau brute	07 forages pour un débit total de 70 m³/h comprenant : ➤ 01 forage existant qui seront réhabilités : murs de clôture, cabine de pompage, reprise du refoulement, robinetterie et vannes, soufflage etc. ➤ 06 nouveaux forages pour un débit unitaire moyen de 10 m³/h.
Traitement	Une nouvelle station de traitement de capacité 70 m³/h en eau brute comprenant : ○ <u>Tour de dégazage</u> ➤ Dimensions : 2.00 m x 2.00m; ➤ Hauteur totale : 4.00 m; ➤ Hauteur d'eau : 2.00 m ➤ Suppresseur d'aire de capacité 50 m³/h. ○ <u>Filtration</u> ➤ Nombre : 3 unités ➤ Superficie : 8 m² ○ <u>Bâche à eau traitée</u> : 70 m³ ○ <u>Désinfection</u> : ○ <u>Des pompes d'injection dans</u> 02 pompes de capacité 15 l/h en configuration 1+1 (une pompe en fonctionnement et une en secours) et un bac en PEHD de volume 300 l. ❖ <u>Refoulement eau traitée</u> : Deux pompes de refoulement d'eau traitée (1 + 1) de capacité unitaire 66 m³/h vers le château d'eau ❖ <u>Ouvrages annexes</u> ○ Une salle des machines abritant les pompes de refoulement des eaux traitées au-dessus de la bâche d'eau traitée avec une toiture qui surplombera également les filtres. ○ Un local technique comprenant une salle de contrôle, un magasin de conservation des réactifs où seront installées les pompes doseuses et les bacs des réactifs ainsi qu'un magasin de stockage des pièces de rechange.
Stockage	Un nouveau château d'eau en béton de volume 200 m ³ avec une hauteur sous radier de 20 m
Réseau de distribution	Réseau de distribution en PEHD pour un linéaire total de 56 043 ml ◆ Réseau primaire de 19 043 ml ➤ DE 160 mm : 6 394 ml ➤ DE 110 mm : 12 649 ml ◆ Réseau secondaire et tertiaire de 37 000 ml ➤ DE 90 mm : 11 100 ml ➤ DE 75 mm : 25 900 ml

La carte suivante présente le réseau primaire d'alimentation en eau potable de la ville de Toucountouna. Les détails sont donnés dans les plans annexés.

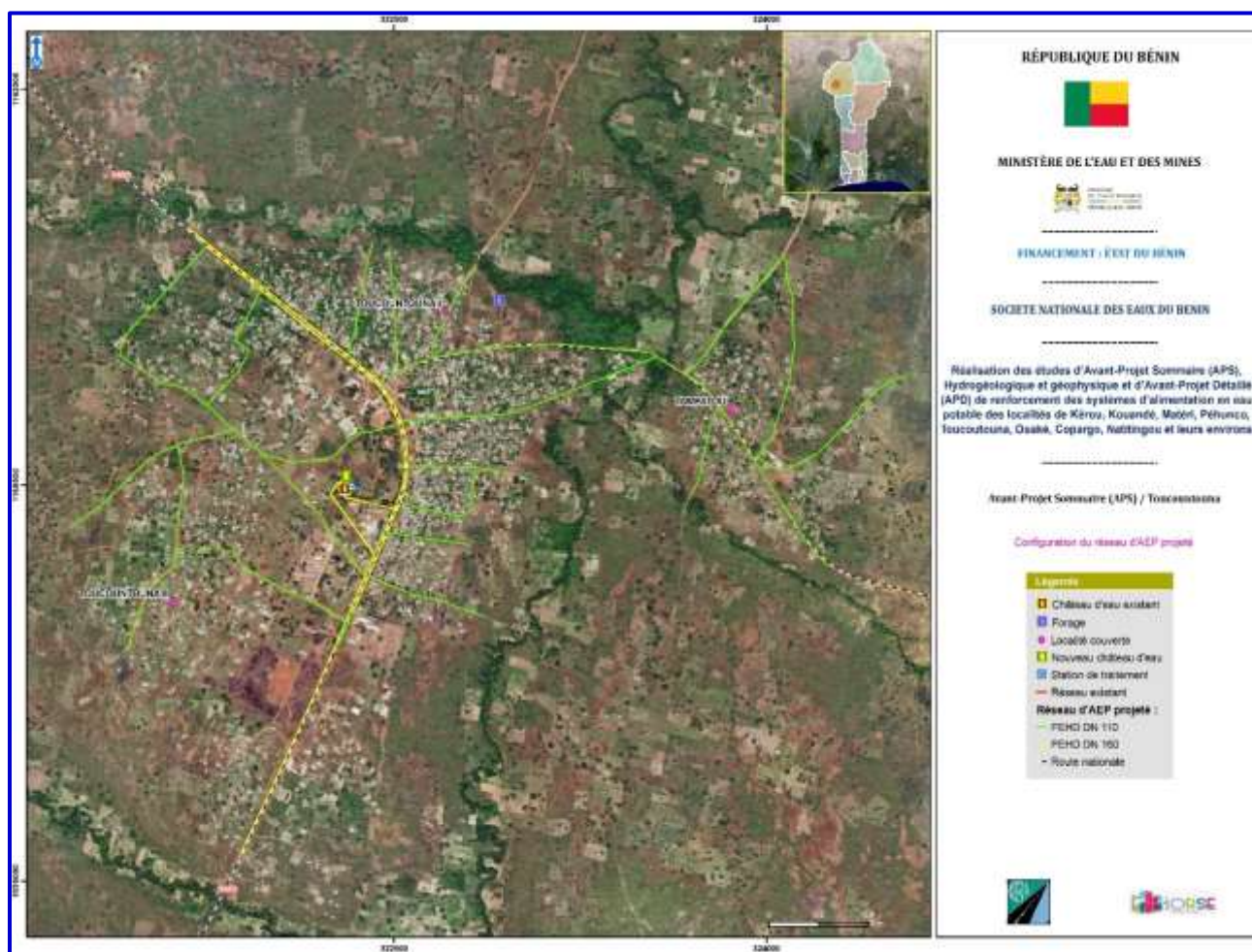


Figure 20 : Réseau d'alimentation en eau potable proposé pour la ville de Toucountouna

6.3.7. Estimation sommaire des coûts et phasage

6.3.7.1. Estimation globale

Les coûts d'investissements sont estimés sur la base de ratios issus de projets similaires étudiés ou exécutés au Bénin. Pour prendre en compte les incertitudes liées au niveau de détail dans cette étape de l'étude, une majoration de 15% a été considérée. Les coûts sont évalués en FCFA constant et hors taxes. Le tableau suivant donne l'estimation des coûts pour l'horizon 2035.

Tableau 22 : Estimation sommaire des coûts totaux

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Montant total (FCFA)
A	Production d'eau brute				
A.1	Réalisation de Forage positif de débit 10 m³/h y compris tous les essais	unité	7	31 000 000	217 000 000
A.2	Réhabilitation de forages existant y compris tous les essais	unité	1	31 000 000	31 000 000
A.3	Fourniture et pose d'une pompe de débit 10 m³/h et HMT = 80 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	unité	8	1 700 000	13 600 000
A.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 30 KVA y compris cuve à gazoil	forfait	8	25 000 000	200 000 000
A.5	Construction de locaux gardien et abris groupe électrogène	unité	8	3 500 000	28 000 000
A.6	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 110 mm PN 10	ml	4 000	25 000	100 000 000
A.7	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 160 mm PN 10	ml	2 000	29 000	58 000 000
A.8	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 200 mm PN 10	ml	6 400	31 000	198 400 000
A.9	Equipements électriques et de commande des forages	unité	8	22 000 000	176 000 000
Total production d'eau brute					1 022 000 000
B	Traitement				
B.1	Tour de dégazage	m³	16	950 000	15 200 000
B.2	Filtres à sable	m²	24	1 600 000	38 400 000
B.3	Bassin d'eau traitée	m³	70	90 000	6 300 000
B.4	Équipements de traitement (pompes, électricité, commandes, dosage, etc.)	forfait	1	53 900 000	53 900 000
Total traitement					113 800 000
C	Station de pompage eau traitée				
C.1	Fourniture et pose d'une pompe de débit 66 m³/h et HMT = 50 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	unité	2	5 800 000	11 600 000
C.2	Fourniture et pose de conduites PEHD DE 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	unité	50	29 000	1 450 000
C.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 40 KVA y compris cuve à gazoil	forfait	1	28 000 000	28 000 000
C.5	Construction d'un local gardien et abris groupe électrogène	unité	1	3 500 000	3 500 000
C.6	Local technique	unité	1	4 000 000	4 000 000
Total station de pompage eau traitée					48 550 000
D	Réseau de distribution et château d'eau				
D.1	Fourniture et pose de conduites PVC DE 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	6 394	29 000	185 426 000
D.2	Fourniture et pose de conduites PVC DE 110 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	12 649	25 000	316 225 000
D.3	Fourniture et pose de conduites PVC DE 90 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	11 100	23 000	255 300 000
D.4	Fourniture et pose de conduites PVC DE 75 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	25 900	20 000	518 000 000
D.6	Construction et équipement d'un Château d'eau de capacité 200 m³/20 m	Unité	1	250 000 000	250 000 000
Total Réseau de distribution et château d'eau					1 524 951 000
Divers et imprévus (15%)					406 395 150
Total général					3 115 696 150

Le coût total de la proposition est donc de **3 115.696 millions de FCFA** réparti comme suit :

- ◆ **Production d'eau brute : 1 022.00 millions ;**
- ◆ **Traitement : 113.800 millions ;**
- ◆ **Station de pompage eau traitée : 48.550 millions ;**
- ◆ **Distribution y compris château d'eau : 1 524.951 millions ;**
- ◆ **Divers et imprévus : 406.395 millions.**

6.3.7.2. Phasage des actions et des investissements

Trois phases de travaux sont identifiées :

☐ Une phase de travaux prioritaire : travaux à partir de 2022 pour les besoins de 2025

- ◆ Production d'eau brute : Réalisation de 04 nouveaux forages et réhabilitation du forage existant;
- ◆ Construction de la nouvelle station de traitement pour sa capacité maximale : 70 m³/h;
- ◆ Construire le nouveau château d'eau de 200 m³;
- ◆ Poser les nouvelles conduites principales d'extensions prévues pour desservir toutes les localités et quartiers de Toucountouna;
- ◆ Prévoir un linéaire de 50% des conduites secondaires et tertiaires afin de couvrir les limites actuelles des habitations.

Cette phase devra permettre de satisfaire les besoins de 100% des populations des zones concernées en 2024 pour atteindre les objectifs fixés par le gouvernement Béninois pour cet horizon.

☐ Une phase de travaux à court terme : travaux à partir de 2025 pour les besoins de 2030

- ◆ Production d'eau brute : Réalisation de 02 forages supplémentaires;
- ◆ Linéaire de 25% des conduites d'extensions.

☐ Une phase de travaux à long terme: travaux à partir de 2030 pour les besoins de 2035

- ◆ Production d'eau brute : Réalisation de 01 forage supplémentaire;
- ◆ Linéaire de 25% des conduites d'extensions.

Le tableau suivant donne un récapitulatif du phasage et des coûts associés

Tableau 23 : Estimation sommaire des coûts par phase

N°	Désignation	Montant total (FCFA)	Phase d'urgence (2025)		Phase court terme (2030)		Phase long terme (2035)	
			Quantité	Montant total (FCFA)	Quantité	Montant total (FCFA)	Quantité	Montant total (FCFA)
A	Production d'eau brute							
A.1	Réalisation de Forage positif de débit 10 m³/h y compris tous les essais	217 000 000	4	124 000 000	2	62 000 000	1	31 000 000
A.2	Réhabilitation de forages existant y compris tous les essais	31 000 000	1	31 000 000	-	-	-	-
A.3	Fourniture et pose d'une pompe de débit 10 m³/h et HMT = 80 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	13 600 000	5	8 500 000	2	3 400 000	1	1 700 000
A.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 30 KVA y compris cuve à gazoil	200 000 000	5	125 000 000	2	50 000 000	1	25 000 000
A.5	Construction de locaux gardien et abris groupe électrogène	28 000 000	5	17 500 000	2	7 000 000	1	3 500 000
A.6	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 110 mm PN 10	100 000 000	2 500	62 500 000	1 000	25 000 000	500	12 500 000
A.7	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 160 mm PN 10	58 000 000	1 250	36 250 000	500	14 500 000	250	7 250 000
A.8	Conduite de refoulement d'eau brute PEHD DE 200 mm PN 10	198 400 000	6 400	198 400 000	-	-	-	-
A.9	Équipements électriques et de commande des forages	176 000 000	5	110 000 000	2	44 000 000	1	22 000 000
Total production d'eau brute		1 022 000 000		713 150 000		205 900 000	-	102 950 000
B	Traitement							
B.1	Tour de dégazage	15 200 000	16	15 200 000	-	-	-	-
B.2	Filtres à sable	38 400 000	24	38 400 000	-	-	-	-
B.3	Bassin d'eau traitée	6 300 000	70	6 300 000	-	-	-	-
B.4	Équipements de traitement (pompes, électricité, commandes, dosage, etc.)	53 900 000	1	53 900 000	-	-	-	-
Total traitement		113 800 000		113 800 000		-	-	-
C	Station de pompage eau traitée							
C.1	Fourniture et pose d'une pompe de débit 66 m³/h et HMT = 50 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	11 600 000	2	11 600 000	-	-	-	-
C.2	Fourniture et pose de conduites PEHD DE 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	1 450 000	50	1 450 000	-	-	-	-
C.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 40 KVA y compris cuve à gazoil	28 000 000	1	28 000 000	-	-	-	-
C.5	Construction d'un local gardien et abris groupe électrogène	3 500 000	1	3 500 000	-	-	-	-
C.6	Local technique	4 000 000	1	4 000 000	-	-	-	-
Total station de pompage eau traitée		48 550 000		48 550 000		-	-	-
D	Réseau de distribution et château d'eau							

N°	Désignation	Montant total (FCFA)	Phase d'urgence (2025)		Phase court terme (2030)		Phase long terme (2035)	
			Quantité	Montant total (FCFA)	Quantité	Montant total (FCFA)	Quantité	Montant total (FCFA)
D.1	Fourniture et pose de conduites PVC DE 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	185 426 000	6 394	185 426 000	-	-	-	
D.2	Fourniture et pose de conduites PVC DE 110 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	316 225 000	12 649	316 225 000	-	-	-	
D.3	Fourniture et pose de conduites PVC DE 90 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	255 300 000	5 550	127 650 000	2 775	63 825 000	2 775	63 825 000
D.4	Fourniture et pose de conduites PVC DE 75 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	518 000 000	12 950	259 000 000	6 475	129 500 000	6 475	129 500 000
D.6	Construction et équipement d'un Château d'eau de capacité 200 m³/20 m	250 000 000	1	250 000 000	-	-	-	-
Total Réseau de distribution et château d'eau		1 524 951 000		1 138 301 000		193 325 000		193 325 000
Divers et imprévus (15%)		406 395 150		302 070 150		59 883 750		44 441 250
Total général		3 115 696 150		2 315 871 150		459 108 750		340 716 250

La répartition entre les phases se présente comme suit en résumé :

- ◆ **Total : 13.146 milliards FCFA;**
- ◆ **Phase d'urgence : 2.316 milliards FCFA;**
- ◆ **Phase moyen terme : 0.459 milliards FCFA;**
- ◆ **Phase court terme : 0.341 milliards FCFA.**

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Plan de développement communal de Toucountouna (2018 – 2022), Août 2017
- Recensement général de la population et de l'habitat 4 : Que retenir de la population en 2013 ; Juin 2015
- Plan d'investissement système d'AEP de Toucountouna, plan directeur Eau Tome V.5.7, Novembre 1999
- Projet de renforcement des systèmes d'alimentation en eau potable des villes de Bassila, Boukoumbé, Cové, Zagnanado, Dogbo, Adjara, Misserete, Kandi, Aguegues, Allada, Natitingou et leurs environs, Volume : Etudes techniques d'Avant-Projet Détaillées, Octobre 2018

ANNEXES

ANNEXE I : DÉTAILS DU CALCUL DES DÉBITS

ANNEXE II : PLANS DE PRINCIPE

ANNEXE I : DÉTAILS DU CALCUL DES DÉBITS

**Réalisation des études d'Avant-Projet Sommaire (APS), Hydrogéologique et géophysique et d'Avant-Projet Détaillé (APD)
de renforcement des systèmes d'alimentation en eau potable des localités de Kérou, Kouandé, Matéri, Péhunco,
Toucountouna, Ouaké, Copargo, Natitingou et leurs environs**

Avant-Projet Sommaire (APS) / Toucountouna / Version définitive

Annexe 1 : Détails de l'estimation des besoins en eau

Hypothèses de calcul

Temps de fonctionnement (T en h)	15	$Qj_{2025} = CS_{2025} \times P_{2025}$
Consommation spécifique (Cs ₂₀₂₅ en l/hab/j): 2025	35	$Qd_{2025} = Qj_{2025} \times (1 + Pr)$
Consommation spécifique (Cs ₂₀₃₀ en l/hab/j): 2030	40	$Qp_{2025} = Qd_{2025} \times (1 + Pp)$
Consommation spécifique (Cs ₂₀₃₅ en l/hab/j): 2035	45	$Qb_{2025} = Qp_{2025} / T$
Pertes de production Pp	5%	
Pertes sur réseau de distribution Pr	15%	
Coefficient de pointe saisonniere Cs	1.10	
Coefficient de pointe journaliere Cj	1.10	
Coefficient de pointe horaire Ch	1.9	

Calcul des besoins en eau

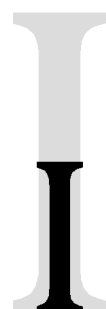
Années	Population	Besoins nets journaliers Qj (m3/j)	Besoins journaliers (m3/j) y/c pertes distribution Qd	Besoins journaliers (m3/j) y/c de production Qp	Débit moyen horaire eau brute à traiter (m3/h) Qb
2025	11 724	497	571	600	40
2030	13 291	643	740	777	52
2035	15 067	820	943	991	66

ANNEXE II : PLANS DE PRINCIPE

LISTE DES PLANS

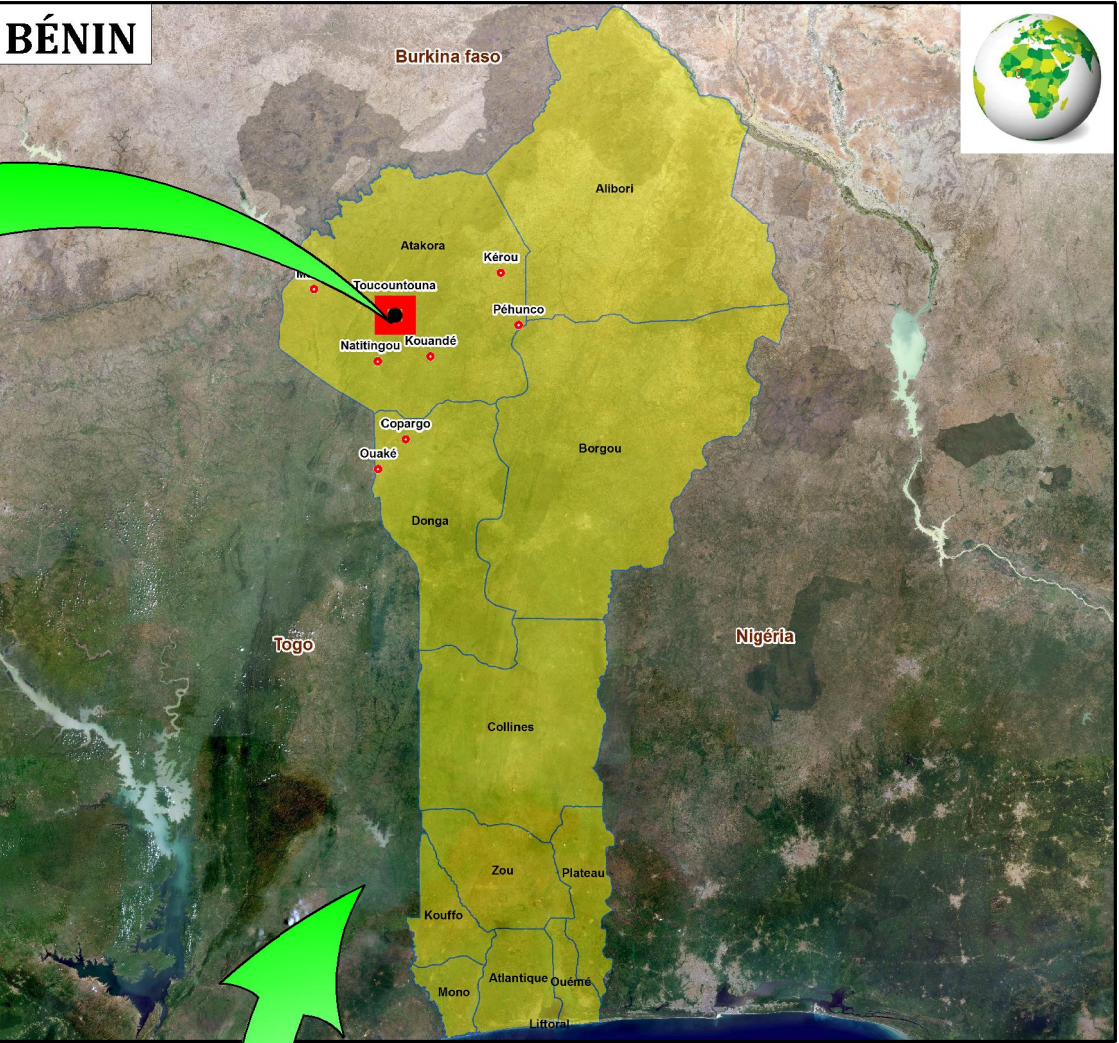
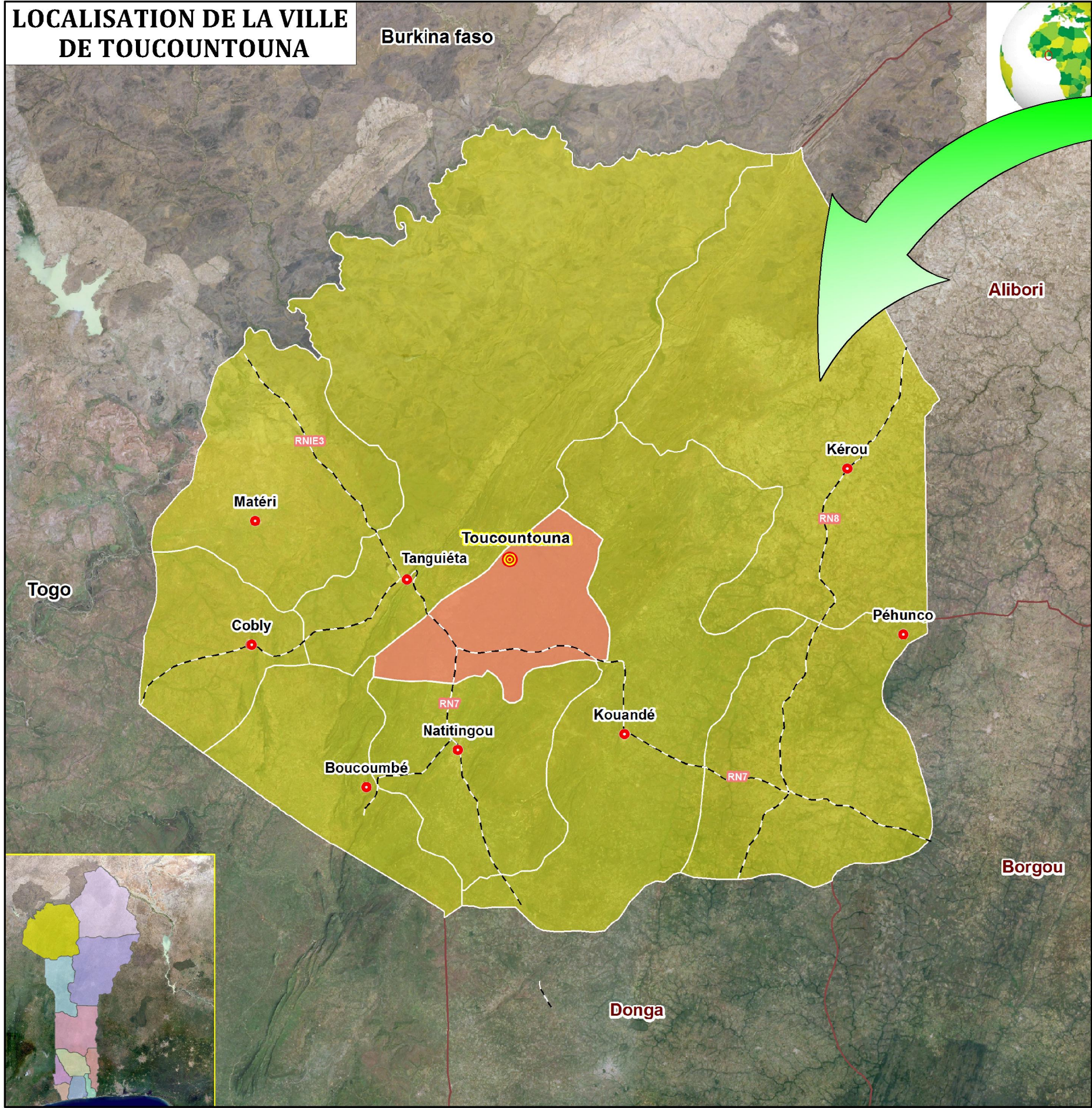
1 sur 1

N° PLAN	Désignation	Échelle ; Format papier
I PLANS GÉNÉRAUX		
I-1	Plan de situation	Graphique ; A3
II RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE		
II-1	Réseau d'adduction en eau potable de la ville de Toucountouna: Tracé en plan	
II-1-1	Vue d'ensemble du réseau existant	1/10000 ; A3
II-1-2	Vue d'ensemble du réseau projeté et détails	Variable ; A3
II-2	Réseau d'adduction en eau potable de la ville de Toucountouna: Ouvrages types	
II-2-1	Cabine de pompage	1/100 ; A3
II-2-2	Local groupe électrogène	1/100 ; A3



PLANS GÉNÉRAUX

LOCALISATION DE LA VILLE
DE TOUCOUNTOUNA



Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONE	S. TOURÉ	S. KABRÉ
B	Avril 2022	Version Définitive			
C					
D					
E					



RÉPUBLIQUE DU BÉNIN
Fraternité - Justice - Travail

MINISTÈRE DE L'EAU ET DES MINES (MEM)

Maitre d'Ouvrage :
SONEB



Maitre d'Œuvre :
Groupeement CIRA SAS / HORSE



Projet:

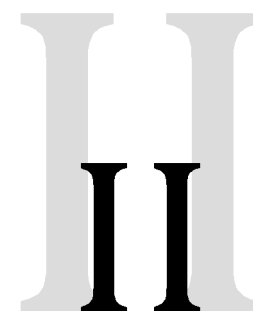
RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS), HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOPHYSIQUE ET D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES LOCALITÉS DE KÉROU, KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, TOU:OUNTOUNA, OUAKE, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS

PHASE: AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) // TOUCOUNTOUNA

Titre du plan:

**PLAN DE SITUATION
DE LA VILLE
TOUCOUNTOUNA**

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	I-1
Planche	1 sur 1
Échelle	Graphique



RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE TOUCOUNTOUNA

II-1

RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE TOUCOUNTOUNA : TRACÉ EN PLAN



LÉGENDE

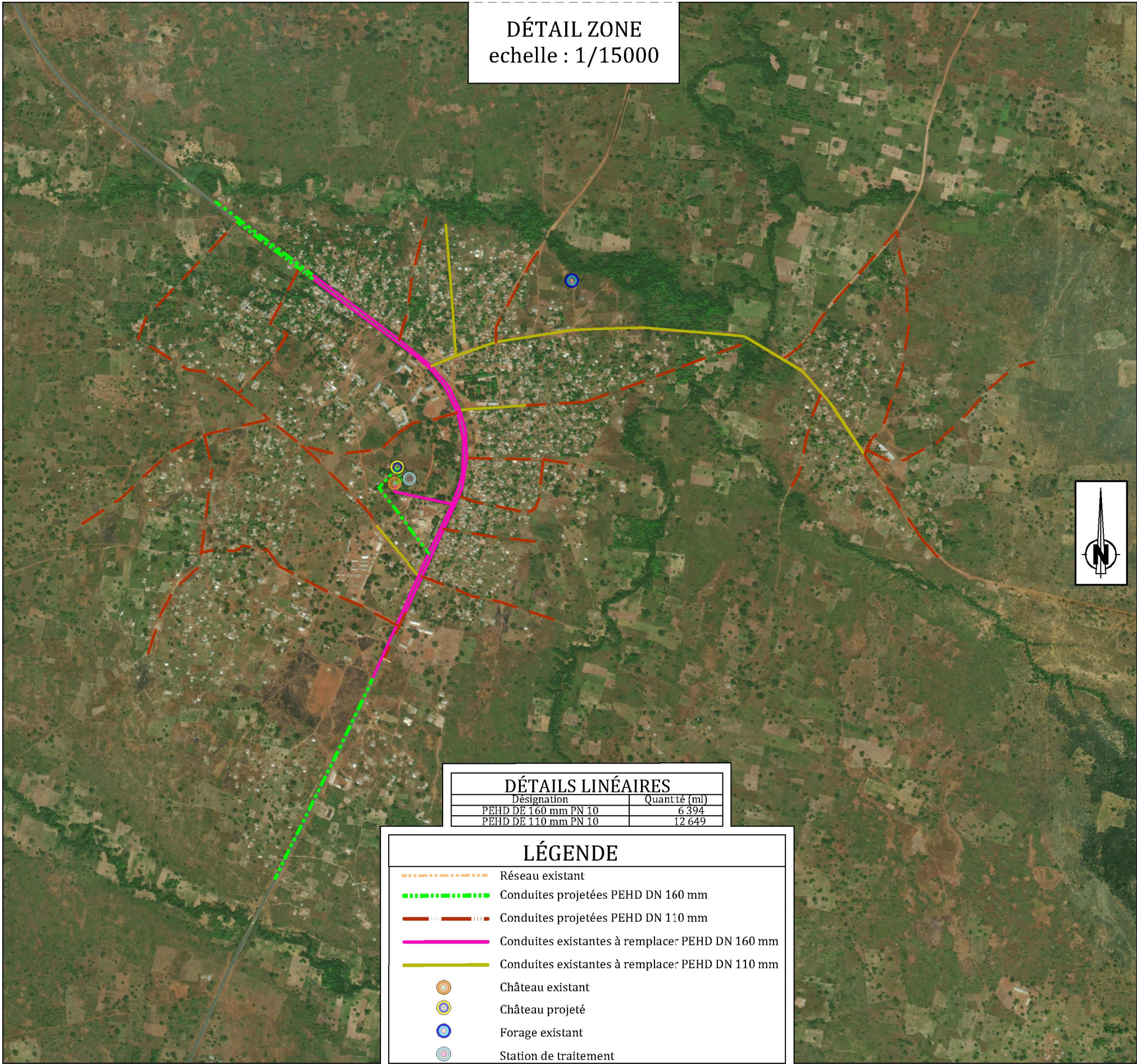
Réseau existant

Château existant

Forage existant

Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:	RÉPUBLIQUE DU BÉNIN Fraternité - Justice - Travail MINISTÈRE DE L'EAU ET DES MINES (MEM)	Maitre d'ouvrage:	Maitre d'Œuvre:	Projet:	Titre du plan: RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE VUE D'ENSEMBLE - EXISTANT	Indice	002-B
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONÉ	S. TOURÉ	S. KABRÉ		SONEB	Groupement CIRA SAS / HORSE	RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS), HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOPHYSIQUE ET D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES LOCALITÉS DE KÉROU, KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, TOLCOUNTOUNA, OUKÉ, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS		Date	le 28 avril 2022
B	Avril 2022	Version Définitive									Projet N°	21/021/PO
C											Plan N°	II-1-1
D											Planche	1 sur 1
E									PHASE : AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) // TOUCOUMTOUNA		Échelle	1/10000

DÉTAIL ZONE
echelle : 1/15000



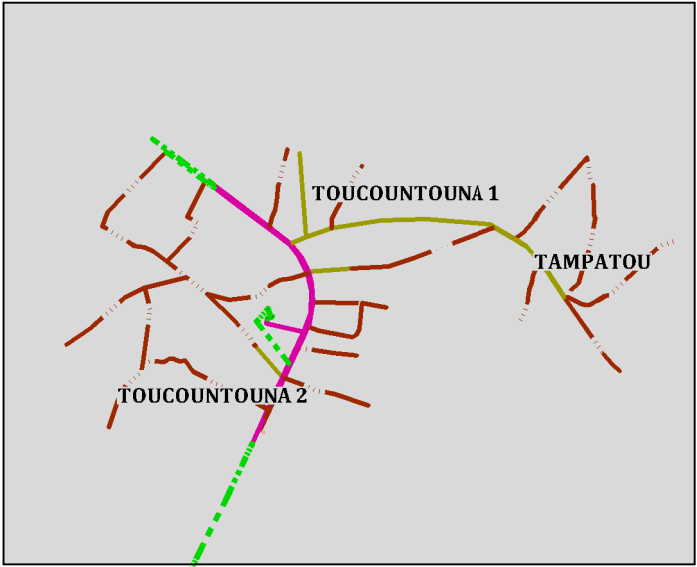
DÉTAILS LINÉAIRES	
Désignation	Quantité (ml)
PEHD DE 160 mm PN 10	6 394
PEHD DE 110 mm PN 10	12 649

LÉGENDE

- Réseau existant
- Conduites projetées PEHD DN 160 mm
- Conduites projetées PEHD DN 110 mm
- Conduites existantes à remplacer PEHD DN 160 mm
- Conduites existantes à remplacer PEHD DN 110 mm
- Château existant
- Château projeté
- Forage existant
- Station de traitement

LOCALISATION DE LA ZONE DE PROJET

VUE D'ENSEMBLE
echelle : 1/40000



Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONÉ	S. TOURÉ	S. KABRÉ
B	Avril 2022	Version Définitive			
C					
D					
E					



RÉPUBLIQUE DU BÉNIN
Fraternité - Justice - Travail

MINISTÈRE DE L'EAU ET DES MINES (MEM)



Projet:
RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS), HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOPHYSIQUE ET D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES LOCALITÉS DE KÉROU, KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, TOLCOUNTOUNA, OUKÉ, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS
PHASE : AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) // TOUCOUNTOUNA

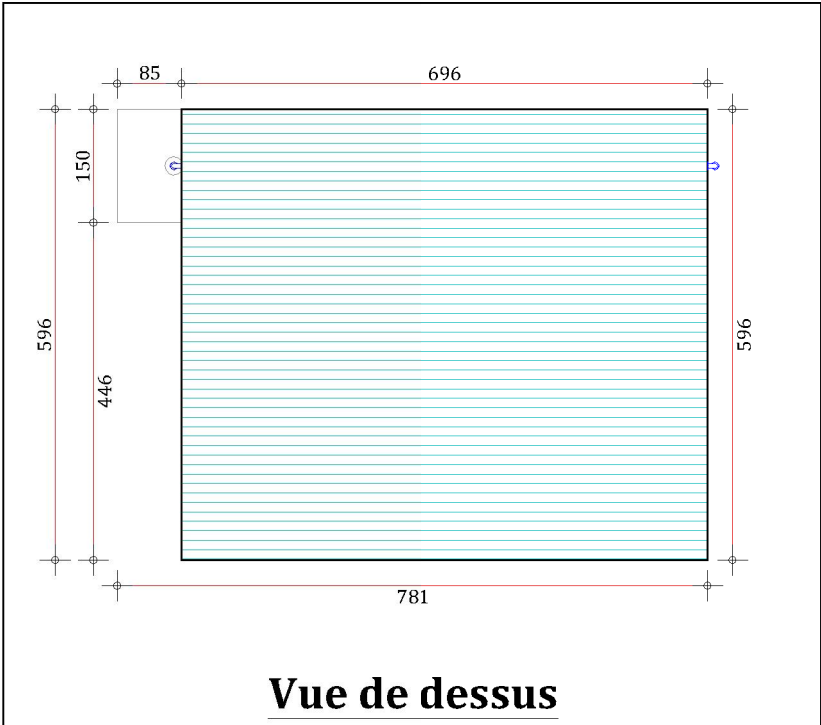
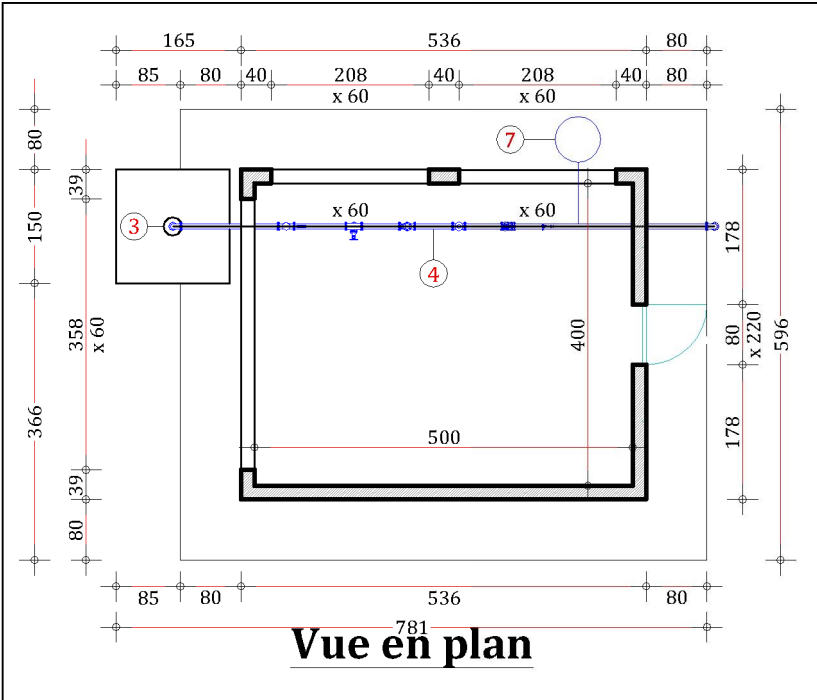
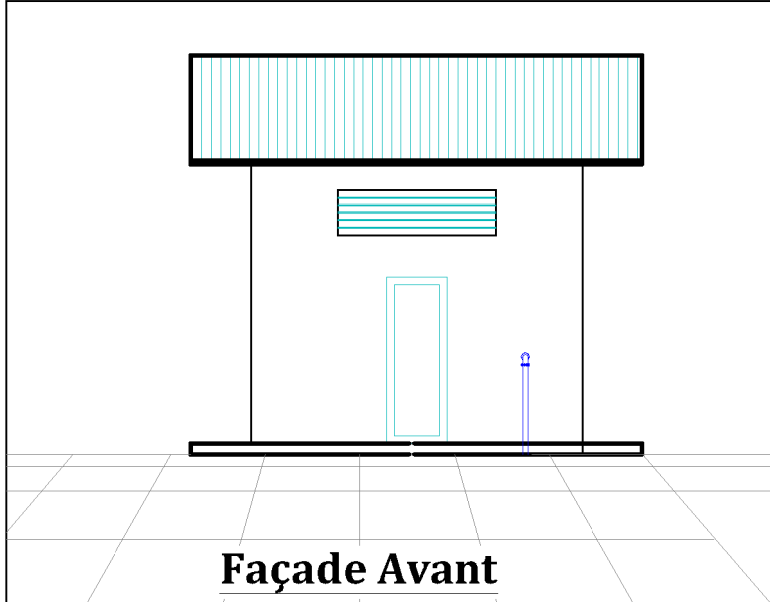
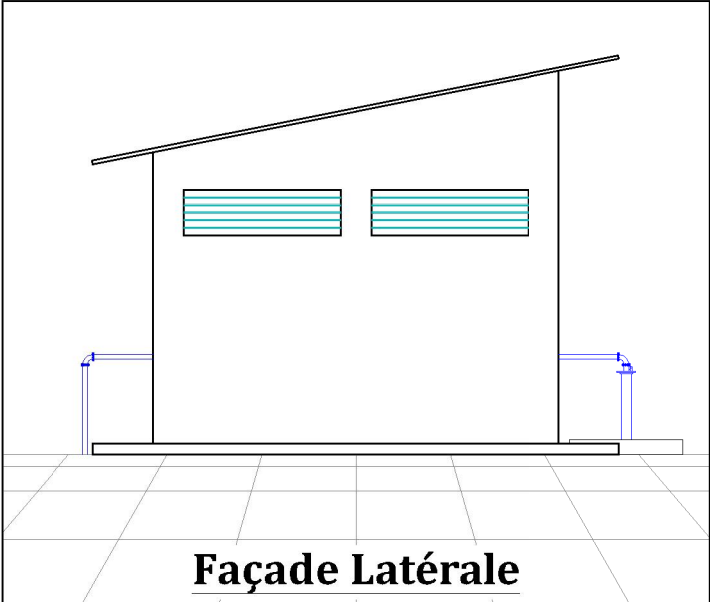
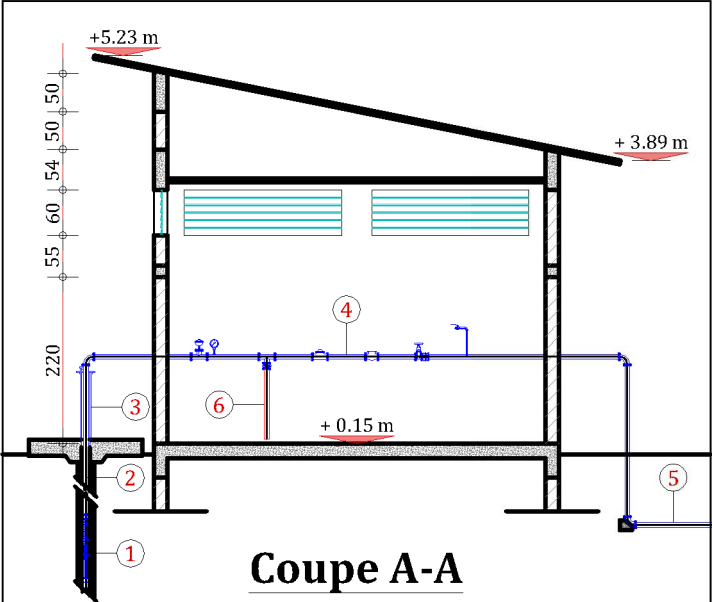
Titre du plan:
RÉSEAU D'ADDITIONEN EAU POTABLE
VUE D'ENSEMBLE -DÉTAILS
PROJETÉ

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	II-1-2
Planche	1 sur 1
Échelle	Variable

II-2

OUVRAGES TYPES

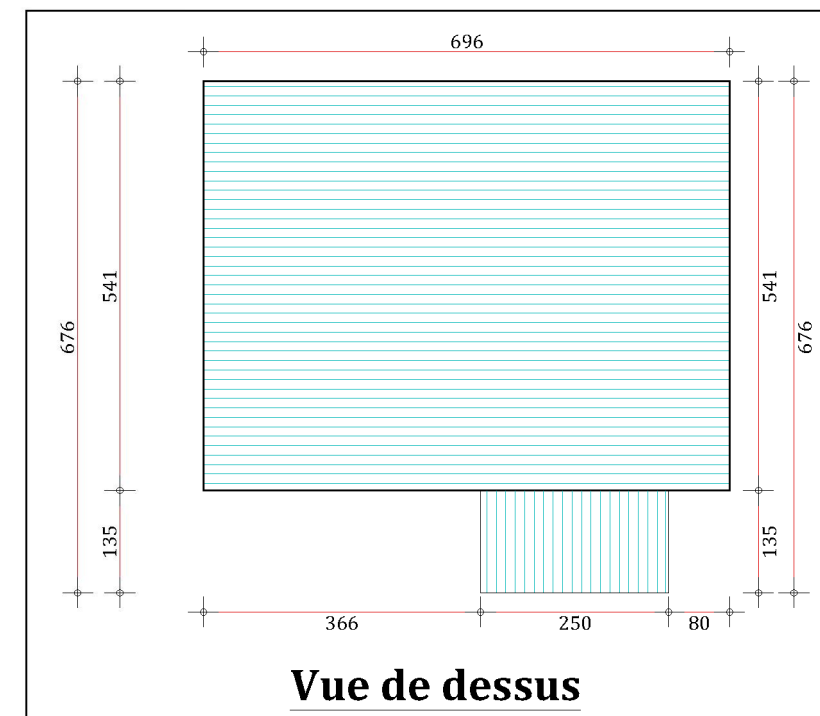
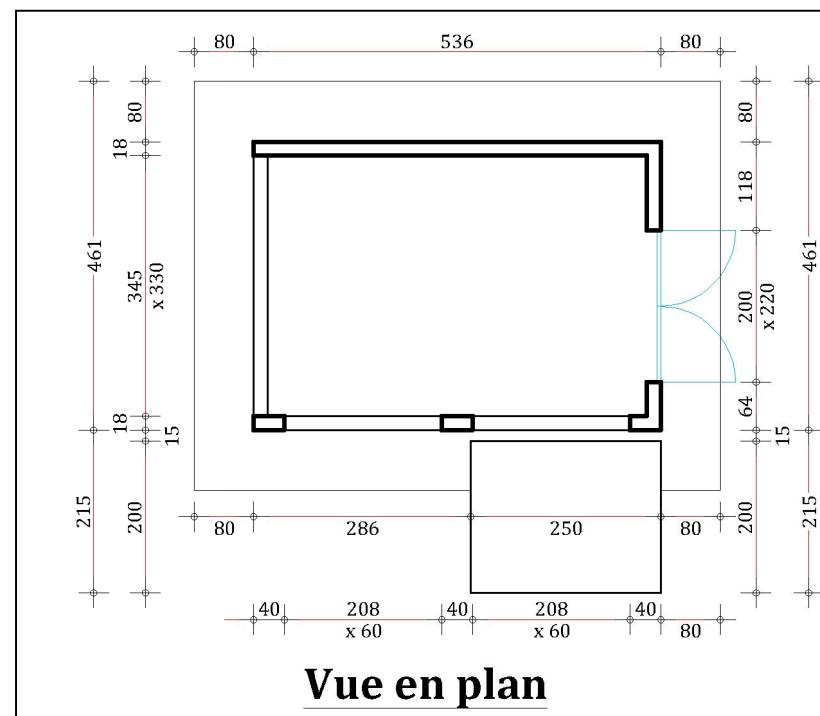
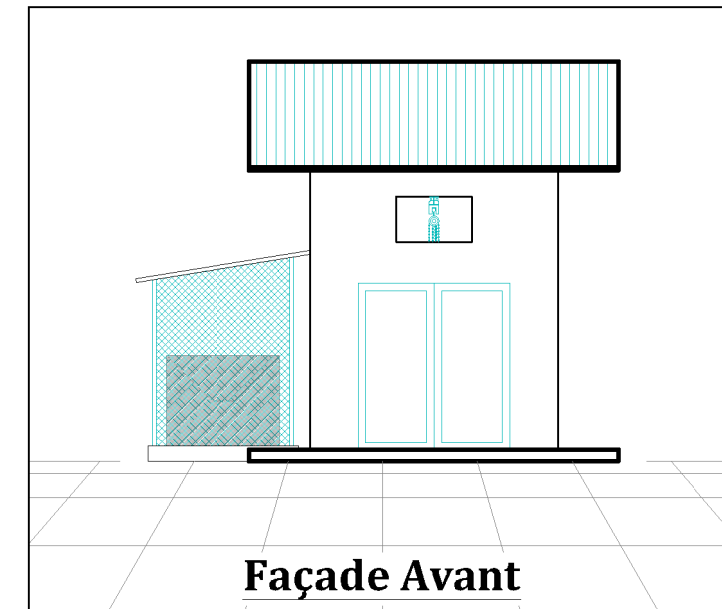
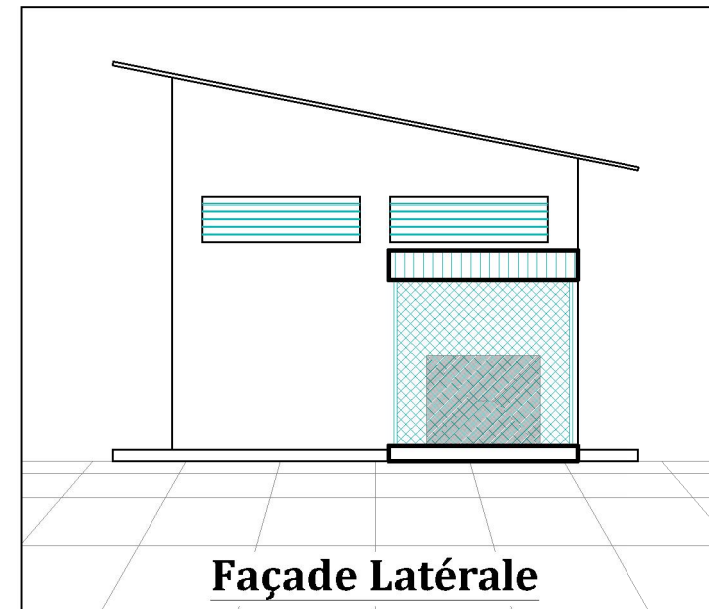
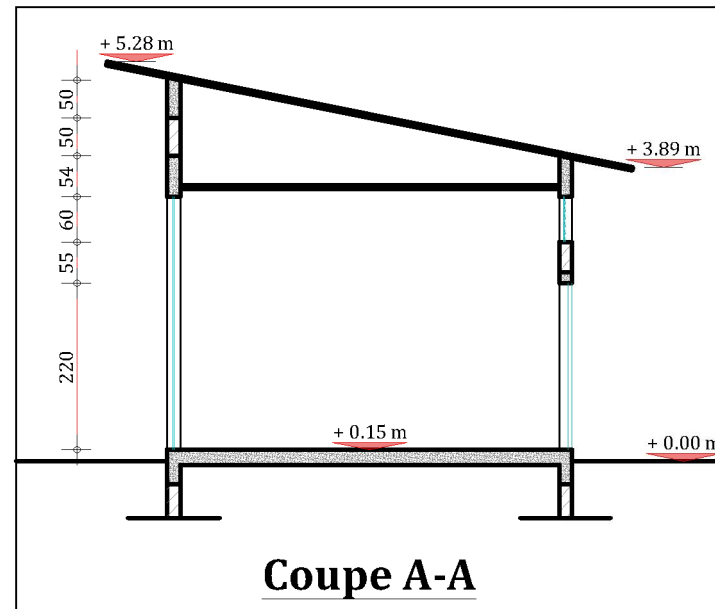
Plan - Type Cabine de pompage



1. Pompe ;
2. Colonne d'exhaure ;
3. Tête de forage ;
4. Ligne de refoulement ;
5. Conduite de refoulement ;
6. Vidange ;
7. Ballon anti-bélier.

Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:	 RÉPUBLIQUE DU BÉNIN Fraternité - Justice - Travail MINISTÈRE DE L'EAU ET DES MINES (MEM)	Maitre d'Ouvrage : SONEB 	Maitre d'Œuvre: Groupeement CIRA SAS / HORSE  	<u>Projet:</u> RÉALISATION DES ETUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS), HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOPHYSIQUE ET D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES LOCALITÉS DE KÉROU, KOUANDE, MATÉRI, PÉHUNGO, TOUCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO, NATTINGOU ET LEURS ENVIRONS PHASE : AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) // TOUCCOUNTOUNA	<u>Titre du plan:</u> PLANS TYPE CABINE DE POMPAGE	Indice	002-B
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONE	S. TOURÉ	S.KABRÉ					Détail des études géologiques et hydrogéologiques de la zone étudiée.	Date	le 28 avril 2022
B	Avril 2022	Version Définitive								Plan de répartition des zones à protéger.	Projet N°	21/021/PO
C										Plan de répartition des zones à protéger.	Plan N°	II-2-1
D										Plan de répartition des zones à protéger.	Planche	1 sur 1
E										Plan de répartition des zones à protéger.	échelle	1/100

Plan - Type Local groupe électrogène



Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:	RÉPUBLIQUE DU BÉNIN Fraternité - Justice - Travail MINISTÈRE DE L'EAU ET DES MINES (MEM)	Maitre d'Ouvrage:	Maitre d'Œuvre:	Projet:	Titre du plan: PLANS TYPE LOCAL GROUPE ÉLECTROGÈNE	Indice	002-B
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONE	S. TOURÉ	S. KABRÉ		SONEB	CIRA SAS / HORSE	RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS), HYDROGÉOLOGQUE ET GÉOPHYSIQUE ET D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES LOCALITÉS DE KÉROU, KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, TOJCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS		Date	le 28 avril 2022
B	Avril 2022	Version Définitive							Projet N°		21/021/PO	
C									Plan N°		II-2-2	
D									Planche		1 sur 1	
E									Échelle	1/100		