



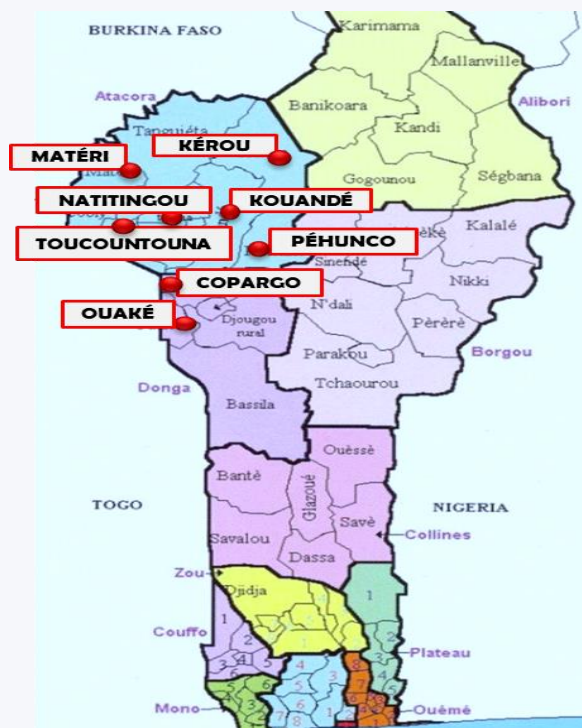
MINISTÈRE
DE L'EAU ET DES MINES
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN



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 COPARGO

GROUPEMENT



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



FINANCEMENT : BUDGET NATIONAL (BN)

MAI 2022



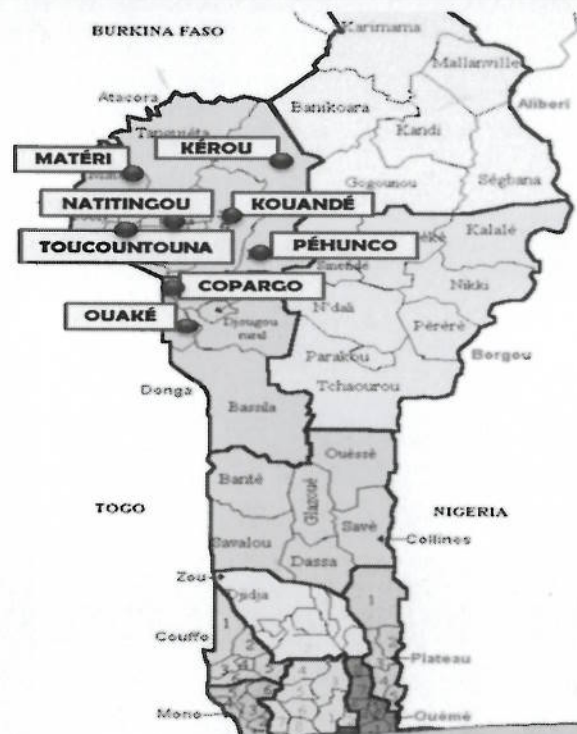
MINISTÈRE
DE L'EAU ET DES MINES
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN



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 COPARGO

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



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 : cirp@cirp-sas.com
www.cirp-sas.com



FINANCEMENT : BUDGET NATIONAL (BN)

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.....	23
2.1. CONTEXTE DU PROJET	23
2.2. OBJECTIFS DU PROJET	23
2.3. PHASAGE DE L'ÉTUDE.....	24
2.4. DONNÉES ADMINISTRATIVES.....	24
2.5. LIVRABLES À REMETTRE AU CLIENT	24
2.6. CONTENU ET ORGANISATION DU PRÉSENT RAPPORT.....	25
2.7. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE	25
2.8. MÉTHODOLOGIE D'EXÉCUTION DE LA MISSION	26
2.8.1. Réunion de cadrage	27
2.8.2. Visite des sites	27
2.8.3. Proposition de solutions	28
III. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA COMMUNE DE COPARGO	29
3.1. DONNÉES PHYSIQUES	29
3.1.1. Situation géographique	29
3.1.2. Organisation administrative	29
3.1.3. Climat et pluviométrie.....	30
3.2. DONNÉES SOCIOÉCONOMIQUES ET HUMAINES	30
3.2.1. Infrastructures scolaires et sportives	30
3.2.2. Infrastructures sanitaires	32
3.2.3. Urbanisation.....	33
3.2.4. Populations	34
3.2.5. Principales activités socio-économiques	35
IV. ÉTAT DES LIEUX DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE COPARGO	36
4.1. PRÉSENTATION DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE COPARGO.....	36

4.2.	FORAGE ET TRAITEMENT	36
4.2.1.	Description	36
4.2.2.	Diagnostic	37
4.3.	OUVRAGE DE STOCKAGE	38
4.3.1.	Description	38
4.3.2.	Diagnostic	39
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	45
5.1.4.	Hypothèses de desserte.....	47
5.2.	DONNÉES HYDROLOGIQUES, HYDROGÉOLOGIQUES ET GÉOPHYSIQUES ...	47
5.2.1.	Données hydrogéologiques et géophysiques	47
5.2.2.	Données hydrologiques.....	50
5.3.	MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET ÉQUIPEMENTS	56
5.3.1.	Production.....	56
5.3.2.	Stockage	57
5.3.3.	Réseau de canalisations	57
5.3.4.	Modélisation du réseau	59
5.3.5.	Ouvrages annexes au réseau de distribution	61
5.3.6.	Pompes.....	64
5.3.7.	Groupes électrogènes	65
5.3.8.	Transformateurs.....	66
VI.	ÉTUDE DES VARIANTES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE	67
6.1.	PRODUCTION ET TRAITEMENT D'EAU BRUTE	67
6.1.1.	Estimation des besoins en eau.....	67
6.1.2.	Bilan besoins – ressources disponibles.....	67

6.2.	OPTIONS DE PRODUCTION ET DE TRAITEMENT D'EAU BRUTE	67
6.2.1.	Option 1 : Eaux souterraines	68
6.2.2.	Option 2 : Eaux de surface à partir du barrage de Djougou	73
6.3.	COMPARAISON DES OPTIONS.....	78
6.3.1.	Récapitulatif	78
6.3.2.	Option 1 : Eaux souterraines avec forages de faible capacité	79
6.3.3.	Option 2 : Eaux de surface à partir du barrage de Djougou	79
6.4.	COMPARAISON ET PROPOSITION D'UNE OPTION.....	80
6.4.1.	Définition des critères de comparaison.....	80
6.4.2.	Analyse des options par rapport aux critères.....	80
6.4.3.	Proposition d'une option de traitement à retenir	81
6.5.	PROPOSITION D'EXTENSION ET DE RESTRUCTURATION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION	82
6.5.1.	Zones d'extension du réseau de distribution	82
6.5.2.	Topographie de la ville	82
6.5.3.	Configuration proposée	84
6.5.4.	Composition du système d'alimentation en eau potable	85
6.5.5.	Modélisation du fonctionnement du système	86
6.5.6.	Variation des pressions sur le réseau.....	88
6.5.7.	Réseau primaire de distribution	88
6.5.8.	Réseaux secondaires et tertiaires	88
6.6.	SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE PROPOSÉ	89
6.6.1.	Production d'eau brute	89
6.6.2.	Traitement.....	89
6.6.3.	Stockage	91
6.6.4.	Distribution	92
6.6.5.	Télégestion	93
6.6.6.	Récapitulatif	96
6.6.7.	Estimation sommaire des coûts et phasage	98
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	103
	ANNEXES	104

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Personne rencontrées	28
Tableau 2 : Arrondissements et populations 2013 de la commune de Copargo	41
Tableau 3 : Localités et populations des arrondissements de Pabégou et Copargo	42
Tableau 4 : Localités et populations prises en compte pour la commune de Copargo.....	44
Tableau 5 : Populations aux différents horizons considérés	44
Tableau 6 : Récapitulatif des données de caractérisation hydrogéologique.....	50
Tableau 7 : Caractéristiques des retenues d'eau de Copargo	51
Tableau 8 : Caractéristiques du bassin versant du barrage de Djougou.....	55
Tableau 9 : Estimation des volumes ruisselés et de la crue décennale du bassin versant du barrage de Djougou	56
Tableau 10 : Évaluation des débits de dimensionnement.....	67
Tableau 11 : Dimensionnement des filtres.....	69
Tableau 12 : Dimensionnement des ouvrages et équipements de désinfection	72
Tableau 13 : Débit des pompes doseuses pour la chloration	76
Tableau 14 : Débit des pompes doseuses de sulfate d'alumine	76
Tableau 15 : Débit des pompes doseuses de charbon actif	77
Tableau 16 : Débit des pompes doseuses de lait de chaux.....	77
Tableau 17 : Quantité de polymère	77
Tableau 18 : Coûts estimatifs des trois variantes de traitement.....	80
Tableau 19 : Avantages et inconvénients des options de production et de traitement	81
Tableau 20 : Comparaison des variantes de production d'eau brute et de traitement.....	82
Tableau 21 : Récapitulatif des extensions de conduites primaires.....	88
Tableau 22 : Récapitulatif des extensions de conduites secondaires et tertiaires.....	89
Tableau 23 : Récapitulatif du système d'AEP proposé	97
Tableau 24 : Estimation sommaire des coûts totaux	98
Tableau 25 : Estimation sommaire des coûts totaux	100

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des villes du projet.....	26
Figure 2 : Situation géographique de la commune de Copargo.....	29
Figure 3 : Répartition spatiale des infrastructures scolaires dans la commune.....	31
Figure 4 : Répartition spatiale des infrastructures sanitaire dans la commune	32
Figure 5 : Zones couvertes par le réseau d'AEP existant	40
Figure 6 : Localités retenues pour Copargo.....	43
Figure 7 : Provinces hydrogéologiques du Bénin.....	48
Figure 8 : Unités hydrogéologiques détaillées des AEP des villes concernées.....	49
Figure 9 : Images Google Earth des retenues de Copargo (à gauche) et de Pabégou (à droite) ..	51
Figure 10 : Courbe hauteur volume du barrage de Djougou (Source Honvoh, 2015)	54
Figure 11 : Situation géographique du bassin versant du barrage de Djougou	55
Figure 12 : Courbe de modulation	60
Figure 13 : Représentation schématique d'un filtre à sable	70
Figure 14 : Carte topographique de la ville de Copargo.....	84
Figure 15 : Configuration du réseau d'AEP projeté de la ville de Copargo.....	86
Figure 16 : Balance en eau du système	87
Figure 17 : Variation du niveau d'eau dans le château d'eau	88
Figure 18 : Synoptique station de traitement	90
Figure 19 : Indication du tracé du refoulement d'eau traitée	91
Figure 20 : Illustration de la configuration du réseau de distribution pour Copargo.....	91
Figure 19 : Réseau principal de distribution.....	92

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Vue du forage	36
Photo 2 : Bac de chloration et pompe doseuse	37
Photo 3 : Fissures observées sur le génie civil du site du forage	38
Photo 4 : Vue du château d'eau	39
Photo 5 : Clôture de protection du château d'eau.....	39

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

❑ PRÉSENTATION DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE COPARGO

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

- ◆ un (01) forage ;
- ◆ une unité de désinfection ;
- ◆ un (01) château d'eau ;
- ◆ un réseau de canalisation.

Le système a été mis en service en 1993.

❖ Forage

Le forage se trouve au Nord-Ouest de la ville et a été réalisé en 1987. La pompe installée actuellement dans le forage date de 2017 et a les caractéristiques suivantes :

- ◆ Marque : Grundfos ;
- ◆ Profondeur d'immersion : 50 m ;
- ◆ Débit : 5 m³/h ;
- ◆ HMT : 84 m ;
- ◆ Puissance : 1,6 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 150 l, d'une pompe doseuse de 13 l/h à 10 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 un groupe électrogène Starpower de 20 KVA installé en 2020. Le groupe électrogène reste la seule source d'énergie disponible sur le site.

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

Le génie civil du site ne présente pas de dégradation majeure. Cependant, la clôture grillagée du site présente des fissures sur le soubassement et sur certains poteaux. De même quelques fissures sont observées sur les murs extérieurs du bâtiment et sur le regard. Il est également noté :

- ◆ la difficulté de fermeture et d'ouverture du portail d'entrée dû à l'ensablement du seuil ;
- ◆ une épaufrure de la peinture dans la zone inférieure du bâtiment dû à l'humidité.

Les équipements du forage sont dans un état de fonctionnement correct. Cependant, la capacité de la nappe est insuffisante. La pompe ne fonctionne que pendant 15 mn en continu et est redémarrée trois heures plus tard.

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

Aucun problème n'est noté au niveau du groupe électrogène. Cependant, il est urgent de souscrire à un abonnement SBEE pour soulager le groupe d'une part et d'autre part assurer une production sans interruption de l'eau à la population. Il existe une ligne moyenne tension à 20 m du site.

L'armoire de commande des pompes a déjà subi un incendie une fois et nécessite une maintenance avec le remplacement des instruments de mesure (voltmètre et ampèremètre) ainsi que la filerie et la signalisation.

❖ **Ouvrage de stockage**

Le réseau d'alimentation en eau potable de Copargo compte un seul château d'eau. Il a une capacité de 15 m³ sur 15 m de hauteur sous-radier.

Le château d'eau est alimenté par une conduite en PVC DE 75 mm qui constitue en même temps la distribution. Le château d'eau ne se remplit plus car la vanne est fermée pour faire directement du service en route.

Le génie civil du château ne présente aucune défaillance. Il est en bon état. Cependant, on constate la disparition partielle des grillages de la clôture de protection.

❖ **Réseau de distribution**

Le réseau de distribution de la ville de Copargo est constitué de conduites en PVC DE 75 mm uniquement et ne couvre pas toute la ville. Le réseau d'adduction et de distribution fait un linéaire total de 5 Km. Il n'existe pas de bornes fontaines dans la ville et il y a 64 abonnés avec 33 compteurs, les autres sont enlevés.

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 à couvrir**

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

- ◆ les différents arrondissements de la commune de Copargo 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).

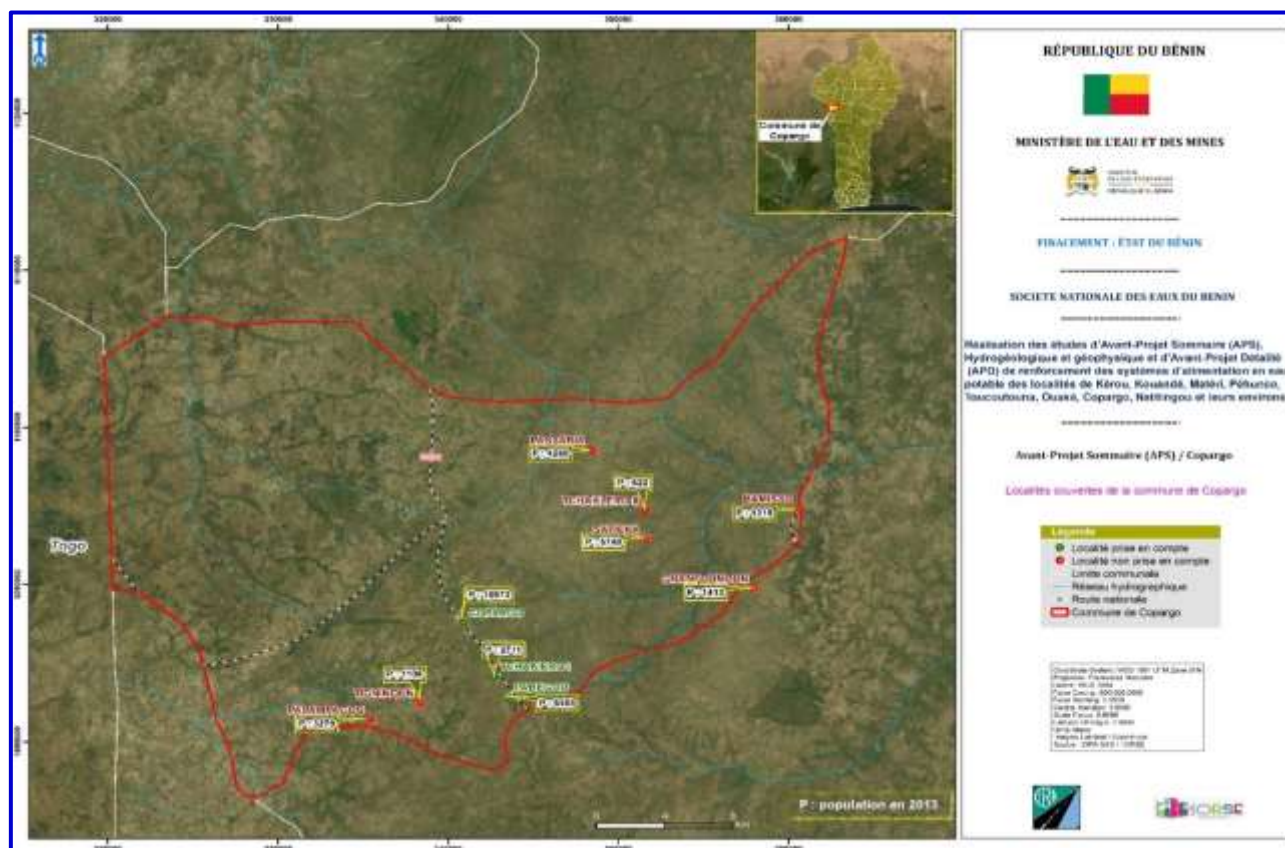
Cette méthodologie est basée sur les discussions menées avec la SONEB sur les versions antérieures des rapports et sur les recommandations de l'atelier de validation des rapports tenu le 18 Mars 2022.

Les arrondissements concernés sont les arrondissements classés « urbains » par l'ENSEA. La localité de Pabégou, bien qu'étant classée rurale par l'ENSEA est prise en compte sur demande de la SONEB.

Cependant, bien que l'arrondissement de Copargo 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.

Par ailleurs, l'arrondissement de Pabégou, bien que classé rural a été intégré sur demande de la SONEB.

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



❖ Populations concernées

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

Arrondissement	Villages ou quartiers de ville administratifs	Population 2013	Distance par rapport à Copargo Centre (Km)	Population prise en compte	Observations
PABÉGOU	BAMISSO	1 319	21.05		Localité non lotie à plus de 15 km
PABÉGOU	GNANFOUNOUN	1 413	17.24		Localité non lotie à plus de 15 km
PABÉGOU	PABÉGOU	6 488	5.42	6 488	
PABÉGOU	PALAMPAGOU	3 279	8.25		Ensemble de localités non loties
PABÉGOU	TCHAKIERO I	572	3.86	572	
PABÉGOU	TIGNINOUN	1 106	5.70		Localité non lotie
COPARGO	COPARGO	10 973	0	10 973	
COPARGO	GALORA	4 912	16.78		Localité non lotie à plus de 15 km
COPARGO	PASSABIA	4 260	13.32		Localité non lotie
COPARGO	SATIEKA	5 749	11.97		Localité non lotie
COPARGO	TCHAKLERO II	2 711	12.84		Localité non lotie
Total		42 782		18 033	

Pour un taux de croissance 3.05% 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
Copargo	10 973	13 541	13 954	15 736	18 287	21 251
Pabégou	7 060	8 712	8 978	10 125	11 766	13 673
Total	18 033	22 254	22 933	25 861	30 053	34 924

➤ 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 pour des forages et 22 heures pour de l'eau de surface.

❖ 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 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	25 861	1 095	1 259	1 322	60
2030	30 053	1 455	1 673	1 756	80
2035	34 924	1 902	2 187	2 296	104

Les besoins totaux moyens en eau brutes pour l'horizon 2035 sont de 2 296 m³/j soit 104 m³/h pour 22 heures de fonctionnement par jour. Ce débit sera arrondi à 110 m³/h pour la suite du projet.

La capacité de production pour Copargo est très faible. Il s'agit d'un forage de capacité 6,7 m³/h dans lequel est installée une pompe de capacité 5 m³/h. Cependant, la nappe du forage ne permet pas de pomper en continu mais juste 15 minutes toutes les trois heures. La capacité de production journalière est alors très faible. Ce forage doit donc être abandonné.

Le système de production d'eau brute et de traitement à mettre en place devra donc pouvoir permettre de produire et traiter en 2035 au moins **110 m³/h** pour satisfaire les besoins de la population à cette période.

❖ Données hydrologiques

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

Formation géologique	Contexte hydrogéologique « Confère Carte hydrogéologique du Bénin et notice »	Débit minimum d'un forage déclaré positif (m ³ /h)
Quartzite à muscovite, Micaschiste quartzeux à muscovite, parfois grenat, Orthogneiss à muscovite, gneiss à amphibole, amphibolite schisteuse, altérites, gneiss fin et micashistes à biotite et muscovite, amphibolites schisteuses	Socle Unité hydrogéologique 20 et 29	9

Au total, 24 implantations de forages ont été réalisées pour la ville de Copargo (Voir rapport hydrogéologique).

❖ Données hydrologiques

Il ressort de l'analyse des caractéristiques hydrologiques de la retenue ciblée les données importantes suivantes :

- ◆ Surface actuelle : 15.50 ha
- ◆ Hauteur d'eau maximale : 3.68 m
- ◆ Capacité de stockage : 251 437 m³.
- ◆ Surface bassin versant : 31.70 km²;
- ◆ Pluie annuelle : 1253.1 mm
- ◆ Débit bassin versant pour une période de retour de 10 ans : 5.10 m³/s.

❑ **OPTION DE PRODUCTION DE TRAITEMENT ET DE DISTRIBUTION**

❖ Options étudiées

Comme indiqué dans les paragraphes dédiés aux études hydrologiques et géophysiques, deux sources d'alimentation en eau potable sont envisageables pour la ville de Copargo.

- ◆ Une source d'eau de surface au niveau du barrage de Djougou ;
- ◆ Une source d'eau souterraine à partir de forages dans la ville de Copargo et environs.

Sur cette base, deux options d'alimentation en eau potable de la ville et ses environs sont proposées :

- ◆ **Option 1** : Eaux souterraines avec forages et traitement;
- ◆ **Option 2** : Eaux de surface du barrage de Djougou et traitement complet avec une station de traitement de type compact.

Pour chaque option, la capacité de traitement prévue sera arrondie à **110 m³/h**.

En prenant en compte les critères définis plus haut, le tableau suivant donne un récapitulatif des avantages et inconvénients pour chaque option.

Options	Avantages	Inconvénients
Option 1	Assez simple à mettre en œuvre (forages + traitement simple) : Permet de sécuriser l'alimentation en eau de la ville avec des forages productifs Coûts d'investissement plus bas Coûts d'exploitation plus bas	Beaucoup trop de forages à gérer dans la ville du fait de la faiblesse de la capacité de la nappe (forages à gérer). Risque de baisse de la nappe dans le long terme.
Option 2	Permet de sécuriser l'alimentation avec une eau de surface dans une zone pluvieuse	Coûts d'exploitation et surtout d'investissement très élevés.

Les notations données indiquent que les deux options se valent sensiblement. Cependant, étant donné la faiblesse des capacités des forages au niveau de Copargo et le risque de baisse voire d'assèchement de la nappe, l'option 2 donnant plus de sécurité pour l'alimentation en eau de la ville sur le moyen et long terme est proposé.

❖ Production d'eau brute

La production d'eau brute sera assurée en eau de surface à partir de la retenue de Djougou. Comme indiqué dans les paragraphes relatifs aux aspects hydrologiques, des travaux de réhabilitation et d'agrandissement de retenue seront nécessaires. Ces travaux consisteront à :

- ◆ Agrandir la retenue pour lui permettre d'avoir une capacité de stockage permettant de passer 4 mois sans pluies (novembre à Février) et en prenant en compte des pertes d'infiltration et d'évaporation de 20%. La capacité de stockage devra donc être de 633 600 m³. Pour une hauteur d'eau de 3.68 m en moyenne, la surface de stockage nécessaire sera de 17.22 ha. La surface actuelle de la retenue est de 15.50 ha. Il sera donc nécessaire d'ajouter une surface totale de 1.72 ha;
- ◆ Réaliser une clôture tout au long de la digue pour la protéger contre les animaux errants.

❖ Traitement

Le traitement des eaux se fera au niveau de nouvelles stations de traitement de type compact. Pour plus de simplicité dans l'exploitation, les stations seront construites à proximité de la station existante.

La capacité de traitement sera de **110 m³/h**. La station sera alimentée en électricité à partir du réseau de la SBEE avec un groupe électrogène de secours. Le piquage se fera à partir de la ligne MT de située non loin de la station existante.

❖ Stockage

Le stockage de l'eau traitée, outre la bache à eau traitée qui se trouve dans l'enceinte de la station comprendra un nouveau château de 400 m³ sur 20 m sur le site du château d'eau actuel de Copargo.

❖ Distribution

Le réseau de distribution comprend :

- ◆ Le réseau principal de distribution PEHD PN 10: 32 568 ml
 - 8 293 ml DE 200 mm ;
 - 4 902 ml DE 160 mm ;
 - 19 373 ml DE 110 mm ;
- ◆ 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 700 ha, le linéaire total de canalisations secondaires et tertiaires est de 84 000 ml réparti comme suit :
 - 25 200 ml DE 90 mm ;
 - 58 800 ml DE 75 mm.

Les linéaires seront ajustés au stade des APD.

❖ 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 Copargo, les éléments sont récapitulés dans le tableau suivant.

Désignations	Infrastructures
Production d'eau brute	Prise sur la retenue de Djougou : de 110 m³/h (2 pompes de 110 m³/h en 1 +1 pour un refoulement en PEHD DE 315 mm PN 16; Le captage sera réalisé sous forme d'une barge flottante qui supportera les pompes et permettra d'avoir un calage des crépines optimal en fonction des variations du niveau d'eau et accessible à partir de la rive de la retenue grâce à une passerelle sous forme de pont métallique qui sera également utilisée pour ancrer les conduites de refoulement. Refoulement en PEHD DE 315 mm PN 16 sur 716 ml
Traitement et refoulement eau traitée	Une station compacte de capacité 110 m³/h ☐ Floculateur/coagulateur/ Décanteur 1. Un compartiment de 0.8 m³ avec injection de d'hypochlorite de calcium 2. Un compartiment de 10 m³ équipé d'un agitateur lent 3. Une chambre de floculation par décantation lamellaire de 30 m³. 4. Un compartiment de transfert de 6,5 m³ équipé d'une vanne manuelle vidange. ☐ Poste de filtration : deux filtres à sable d'un volume de 21 m³ chacun ☐ Local technique : Un conteneur de 40 pieds en deux compartiments comprenant ➤ Compartiment 1 : 5. Une unité de chloration composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1) ; 6. Une unité de préparation et d'injection de sulfate d'alumine composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1) ; 7. Une unité de préparation de charbon actif composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1) ; 8. Une unité de préparation et d'injection de lait de chaux composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1) et un saturateur à eau de chaux 9. Un poste de préparation de polymère ➤ Compartiment 2 10. Un surpresseur d'air à utiliser lors de la phase de lavage/rinçage d'un filtre en envoyant de l'air à contre-courant afin d'évacuer les particules retenues par le sable filtrant ; 11. Des pompes de transfert d'eau décantée vers les filtres qui servent également au lavage des mêmes filtres : Elles sont au nombre de 4. Elles assurent le transfert des eaux décantées à travers les filtres (deux groupes par filtre, dont un groupe en secours). Dans un sens elles permettent d'alimenter les filtres en eau à traiter. Dans l'autre sens, elles permettent le lavage des filtres. Le sens de l'eau est géré par des vannes ; 12. Armoire électrique de commande pour l'alimentation générale, la protection et la gestion automatique des différents équipements. L'armoire électrique sera équipée de détecteur d'incendie. 13. Une climatisation adaptée pour les deux compartiments. ☐ Bassin tampon de 50 m³ en PRV. ☐ Bâche à eau de 220 m³ en PRV. ❖ Lits de séchage des boues : deux lits de section rectangulaire 5.00 m x 5.00 m chacun.
Station de pompage eau traitée	◆ Pompes : 02 pompes de 110 m³/h HMT : 204 m ◆ Refoulement : PEHD DE 315 mm PN 16 sur 22 723 ml
Stockage	Un nouveau château d'eau de 400 m ³ construit sur le site de l'ancien château d'eau.
Réseau de distribution	Un nouveau réseau à tracer, l'ancien étant très sommaire. ◆ Réseau primaire de 32 568 ml ○ DE 200 mm : 8 293 ml ○ DE 160 mm : 4 902 ml ○ DE 110 mm : 19 373 ml ◆ Réseau secondaire et tertiaire de 84 000 ml ○ DE 90 mm : 25 200 ml ○ DE 75 mm : 58 800 ml

❖ Estimation sommaire des coûts et phasage

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.

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 et équipement de la prise et pose de la conduite de refoulement d'eau brute;
- ◆ Construire la station de traitement et la station de pompage et pose de la conduite de refoulement à 100%;
- ◆ Construire le nouveau château d'eau ;
- ◆ Poser les nouvelles conduites principales d'extensions prévues;
- ◆ Prévoir un linéaire de 50% des conduites d'extensions.

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 et équipement d'un nouveau forage;
- ◆ Linéaire de 25% des conduites d'extensions.

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

- ◆ Linéaire de 25% des conduites d'extensions.

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

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	Nettoyage, clôture et agrandissement de la retenue	100 000 000	1	100 000 000	-	-	-	-
A.2	Ouvrages de prise	15 000 000	1	15 000 000	-	-	-	-
A.3	Fourniture et pose d'une pompe de débit 110 m³/h et HMT = 20 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	15 000 000	2	15 000 000	-	-	-	-

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.4	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 315 mm PN 16 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	47 828 800	716	47 828 800	-	-	-	-
A.5	Equipements électriques et de commande	30 000 000	1	30 000 000	-	-	-	-
Total production d'eau brute		207 828 800		207 828 800	-	-	-	-
B	Traitement							
B.1	Terrassement et génie civil	30 000 000	1	30 000 000	-	-	-	-
B.2	Fourniture et pose d'un conteneur 40 pieds compartimenté pour floculation et décantation	29 800 000	1	29 800 000	-	-	-	-
B.3	Fourniture et pose d'équipement du compartiment coagulation/floculation	8 250 000	1	8 250 000	-	-	-	-
B.4	Fourniture et pose d'équipement pour le décanteur lamellaire	22 110 000	1	22 110 000	-	-	-	-
B.5	Fourniture et pose d'équipement pour la préparation et le dosage de coagulant, chloration et neutralisation	20 790 000	1	20 790 000	-	-	-	-
B.6	Fourniture et pose d'équipement pour la préparation et le dosage de floculant et de charbon actif	7 810 000	1	7 810 000	-	-	-	-
B.7	Fourniture et pose de filtre à sable de 100 m³/h avec accessoires	65 000 000	2	65 000 000	-	-	-	-
B.8	Fourniture et pose d'équipements pour les filtres à sable (01 supprimeur d'air, 04 pompes de lavages, jouant également le rôle de transfert d'eau décantée vers les filtres y compris leurs accessoires)	18 865 000	1	18 865 000	-	-	-	-

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)
B.9	Armoire de commande et protection des moteurs	34 028 800	1	34 028 800	-	-	-	-
B.10	Fourniture et pose d'un bassin tampon de 50 m³ en PRV	11 500 000	1	11 500 000	-	-	-	-
B.11	Local de commande sous forme de container de 40 pieds neuf en deux compartiments y compris climatisation	16 800 000	1	16 800 000	-	-	-	-
B.12	Fourniture et pose d'un bassin d'eau traité de 220 m³ en PRV y compris raccordement au réservoir existant avec dispositif de pompage et conduite en PEHD DN 150 mm	28 000 000	1	28 000 000	-	-	-	-
B.13	Alimentation en électricité et commande	12 500 000	1	12 500 000	-	-	-	-
B.14	Fourniture et pose d'un réseau de canalisation en PEHD	8 580 000	1	8 580 000	-	-	-	-
B.15	Fourniture et pose d'équipements de mesure et de régulation (débit, pression, chlore, PH, turbidité, niveau d'eau etc.)	13 800 000	1	13 800 000	-	-	-	-
Total traitement		327 833 800		327 833 800		-		
C	Station de pompage eau traitée							
C.1	Réservoir semi entrée d'eau traitée	20 900 000	220	20 900 000	-	-	-	-
C.2	Fourniture et pose d'une pompe de débit 110 m³/h et HMT = 204 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	90 000 000	2	90 000 000	-	-	-	-
C.3	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 315 mm PN 16 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	1 517 896 400	22 723	1 517 896 400	-	-	-	-

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)
C.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 70 KVA y compris cuve à gazoil	46 000 000	1	46 000 000	-	-	-	-
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		1 682 296 400		1 682 296 400		-	-	-
C	Réseau de distribution et château d'eau							
C.1	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 200 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	257 083 000	8 293	257 083 000	-	-	-	-
C.1	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	142 158 000	4 902	142 158 000	-	-	-	-
C.2	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 110 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	484 325 000	9 687	242 162 500	4 843	121 081 250	4 843	121 081 250
C.3	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 90 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	579 600 000	12 600	289 800 000	6 300	144 900 000	6 300	144 900 000
C.4	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 75 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	1 176 000 000	29 400	588 000 000	14 700	294 000 000	14 700	294 000 000
C.6	Construction et équipement d'un Château d'eau de capacité 400 m³/20 m	470 000 000	1	470 000 000	-	-	-	-

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)
	Total Réseau de distribution et château d'eau	3 109 166 000		1 989 203 500		559 981 250		559 981 250
	Divers et imprévus (15%)	799 068 750		631 074 375		83 997 188		83 997 188
	Total général	6 126 193 750		4 838 236 875		643 978 438		643 978 438

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

- ◆ Total : 6.126 milliards FCFA ;
- ◆ Phase d'urgence : 4.838 milliards FCFA ;
- ◆ Phase moyen terme : 0.644 milliard FCFA ;
- ◆ Phase court terme : 0.644 milliard 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 Copargo. Il fait suite 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 Copargo ;
- ◆ État des lieux du système d'alimentation en eau potable de la ville de Copargo ;
- ◆ Données de base et méthodes de dimensionnement des ouvrages et équipements ;
- ◆ Étude des variantes d'alimentation en eau potable.

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.

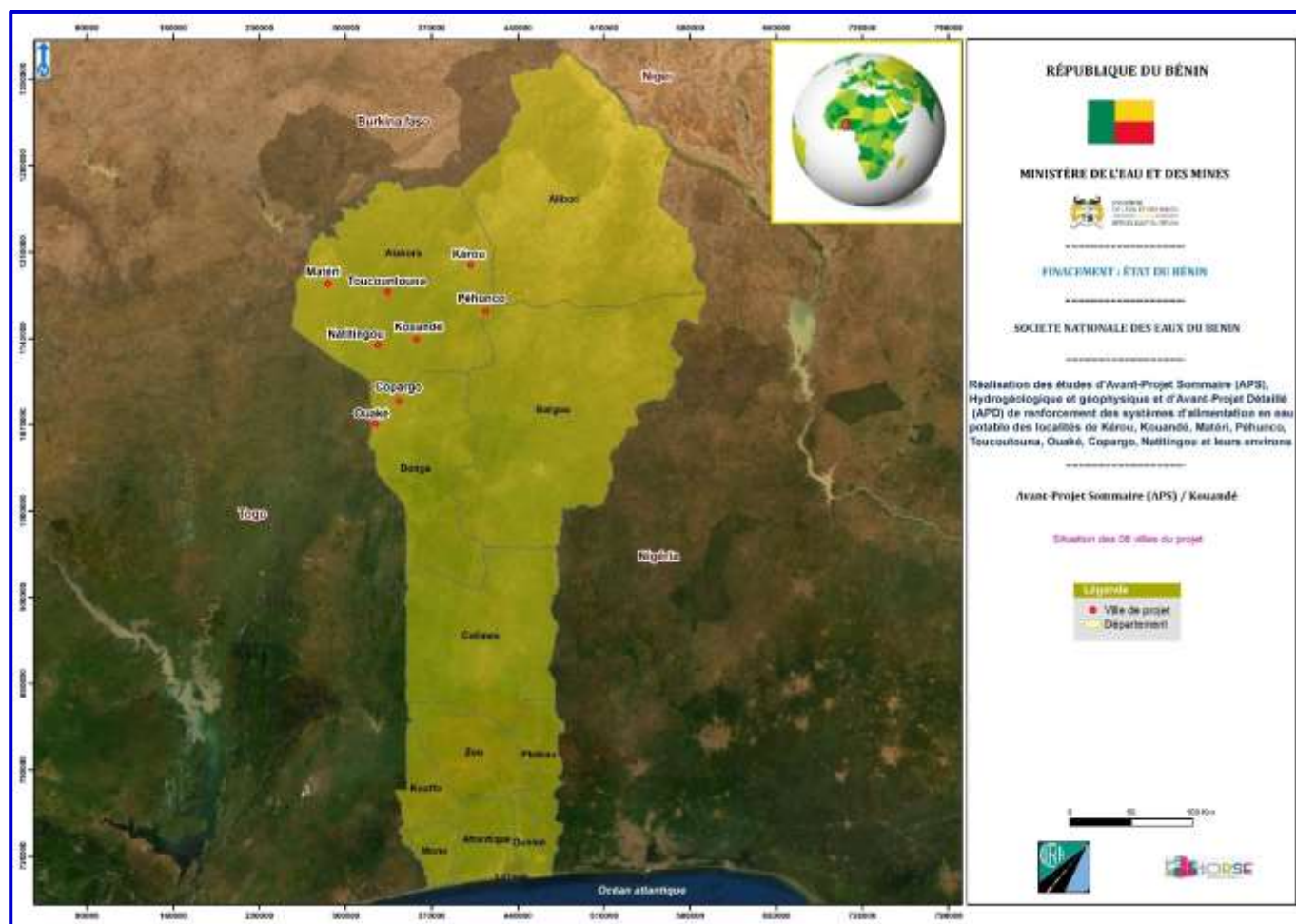


Figure 1 : Localisation des villes du projet

Source : CIRA / HORSE, Septembre 2021

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.).
- ◆ **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 la liste des différentes personnes rencontrées dans la ville.

Tableau 1 : Personne rencontrées

Prénoms et nom	Structure/Fonction
SARE Boni Prudence	C/DEA – ST Mairie Copargo
OUOROU Ignace	Maire de Copargo
BOUKARY A. Raïmi	SONEB/Djougou

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 COPARGO

3.1. DONNÉES PHYSIQUES

3.1.1. Situation géographique

Traversée par la voie Inter-État N°3, et située à 510 km de Cotonou (Capitale économique du Bénin) et à 20 km au Nord-ouest de la commune de Djougou (chef-lieu du département de la Donga), la commune de Copargo est limitée au nord par les communes de Natitingou et de Kouandé, au sud par la commune de Ouaké, à l'est par la commune de Djougou et à l'ouest par la République du Togo. Elle s'étend sur une superficie de 876 km². Copargo est l'une des quatre (04) communes du sud de l'ancien département de l'Atacora. Elle constitue actuellement avec Djougou, Bassila et Ouaké le département de la Donga. La carte suivante donne la situation géographique de la commune de Copargo.

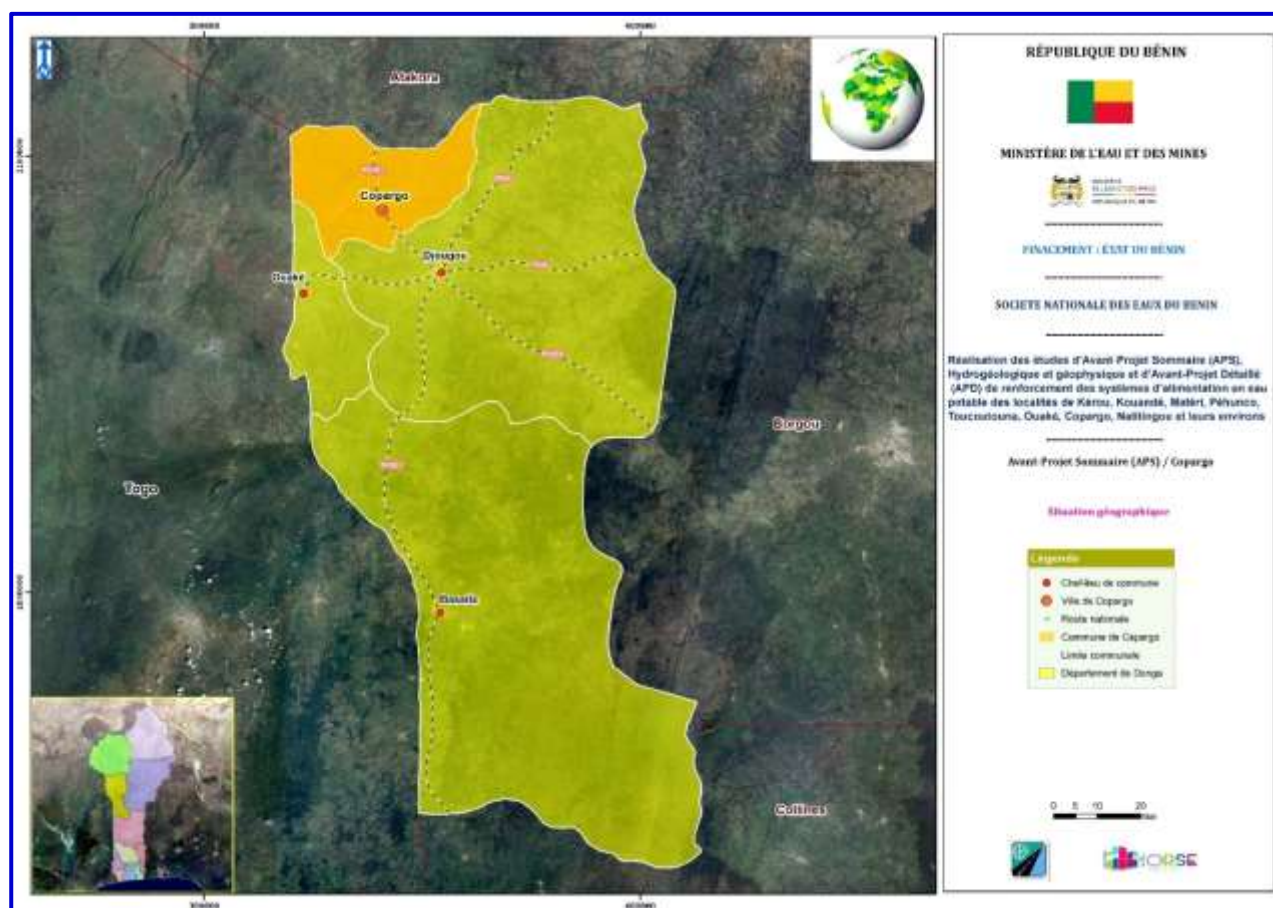


Figure 2 : Situation géographique de la commune de Copargo

Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

3.1.2. Organisation administrative

Conformément à la loi n° 2013-05 du 15 février 2013 portant création, organisation, attributions et fonctionnement des unités administratives locales en République du Bénin, Copargo est subdivisée

en quatre (04) arrondissements à savoir Copargo, Anandana, Singré, Pabégou. Ces arrondissements comprennent 46 villages.

L'administration locale comporte donc trois (03) niveaux : la commune, l'arrondissement, le village ou quartier de ville. La commune est dirigée par un Conseil Communal conduit par le Maire assisté de deux adjoints. Les conseillers communaux sont élus dans tous les arrondissements de la commune, conformément aux nombres de sièges prévus par l'article 12 de la loi n° 97-029 du 15 janvier 1999.

3.1.3. Climat et pluviométrie

Le climat qui prévaut dans la commune de Copargo est de type soudano-guinéen nuancé par le relief atacorien, caractérisé par une saison sèche qui couvre la période de mi-octobre à mi-avril et une saison pluvieuse entre mi-avril et mi-octobre. Alors que la saison sèche est marquée par l'harmattan, un vent sec et frais qui souffle de décembre à février, la saison pluvieuse connaît des précipitations oscillant entre 800 mm et 1300 mm avec des maximas atteignant parfois 1492 mm. Les mois d'Août et de Septembre sont généralement les plus arrosés dans l'année.

3.2. DONNÉES SOCIOÉCONOMIQUES ET HUMAINES

3.2.1. Infrastructures scolaires et sportives

➤ Infrastructures scolaires

❑ Enseignement maternel

Présenté comme le soubassement dans l'éducation, l'enseignement maternel compte aujourd'hui dans la commune de Copargo dix (10) écoles dont huit (08) fonctionnelles. Elles sont réparties dans les quatre (04) arrondissements que compte la commune de Copargo. Ces dix écoles ne disposent que six (06) salles de classes en matériaux définitifs pour un effectif de quatre cent quatre - vingt (480) élèves dont deux cent six (206) filles et 274 garçons. Les écoles les plus fréquentées sont celles situées dans les arrondissements de Pabégou et de Copargo (EM Copargo Centre). Ceci a permis d'améliorer la répartition géographique des centres préscolaires dans la commune. Ainsi, en 2013, tous les arrondissements disposent d'au moins une école maternelle publique. Cette amélioration a permis d'accroître la population préscolarisée.

❑ Enseignement primaire

L'enseignement primaire constitue la fondation dans l'éducation formelle d'un enfant. D'après le diagnostic, la commune de Copargo compte soixante-dix-sept (77) écoles primaires et trois cent dix-sept (317) salles de classes dans lesquelles sont répartis neuf mille quatre cent trente-six (9436) élèves dont 5586 garçons et 3850 filles. Deux cent soixante-neuf (269) enseignants dont 34 sont des femmes (soit 12,63%). Près de 20% des enseignants sont des communautaires, donc à la charge de l'école et ou des parents. On dénombre également quatre mille six cent cinquante et un (4651) tables-bancs et treize (13) blocs cabines de latrine.

□ Enseignement secondaire

L'enseignement secondaire, qu'il soit général ou technique constitue le mur en élévation. La commune de Copargo dispose de six (06) Collèges d'Enseignement Général répartis dans les quatre (04) arrondissements dont un collège privé franco-arabe.

La figure suivante montre la répartition spatiale des infrastructures scolaires dans la commune de Copargo. Il ressort de l'analyse de cette figure que la quasi-totalité des villages administratifs dispose au moins d'une école primaire. Il existe également un collège d'enseignement général dans chaque arrondissement implanté au chef-lieu.

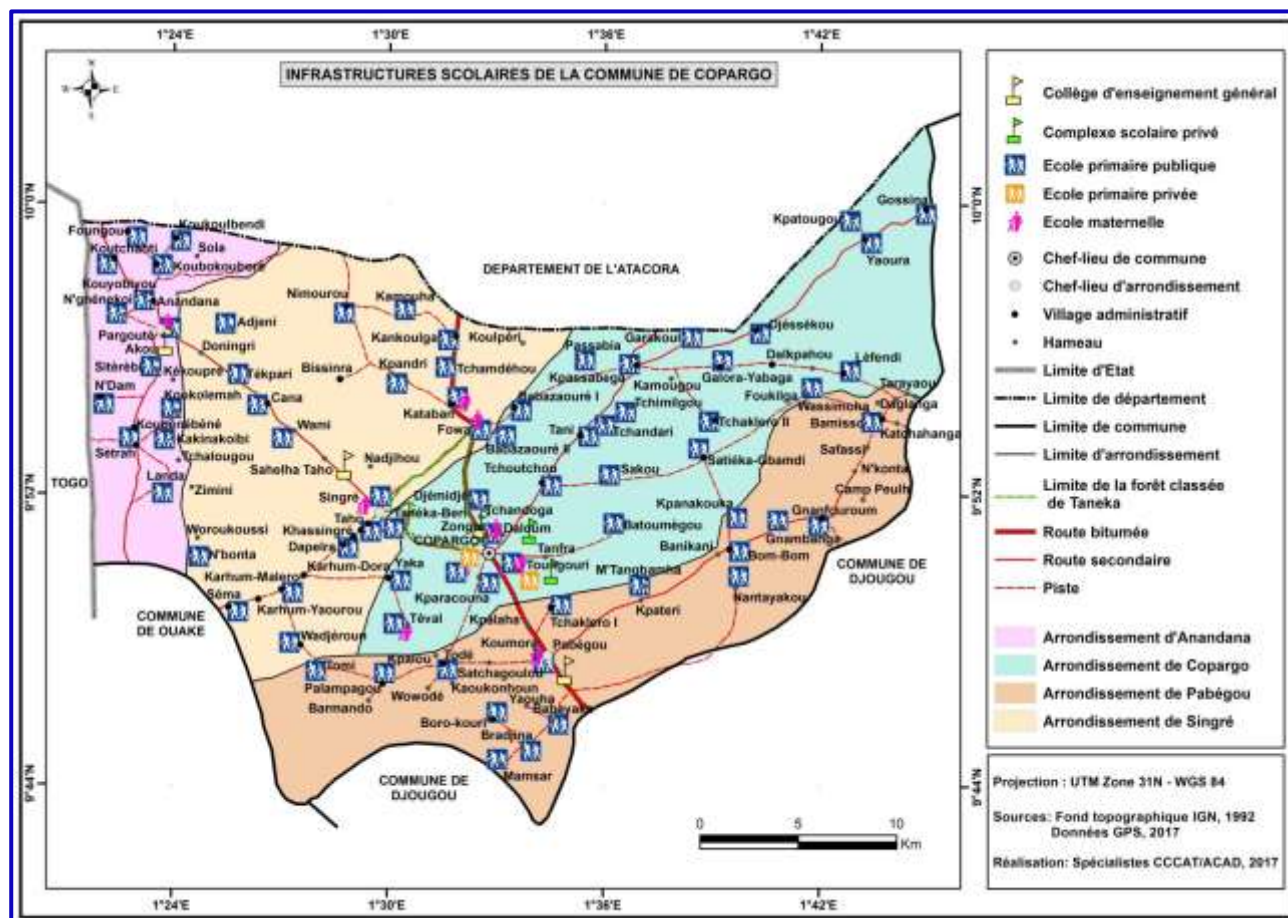


Figure 3 : Répartition spatiale des infrastructures scolaires dans la commune

➤ Infrastructures sportives

La vie socio-économique de la commune de Copargo est marquée par une jeunesse en plein essor. L'épanouissement transparaît ici comme un élément capital pour sa vitalité. La commune de Copargo dispose d'un stade communal et quelques aires de jeux de fortunes créées par les jeunes de quartiers pour s'épanouir. En dehors de Copargo centre, seul l'arrondissement de Pabégou dispose d'un domaine réservé pour abriter un terrain de football. Les autres arrondissements attendent que la mairie identifie et aménage un domaine pour des infrastructures sportives. Les récents incidents liés au match de football émoussent l'ardeur des organisations des championnats dans la commune.

Outre le football, les jeunes de la commune pratiquent aussi d'autres activités sportives dont les infrastructures ne sont pas à la hauteur des attentes. Il s'agit de : handball, basketball, athlétisme etc. Seul aussi l'arrondissement de Copargo centre dispose d'un centre de jeunes et de loisirs.

3.2.2. Infrastructures sanitaires

La commune de Copargo est comprise, selon la pyramide sanitaire nationale dans la zone sanitaire Djougou, Copargo et Ouaké. Suivant cette pyramide, les centres de santé sont de plusieurs types et offrent des soins variés. On distingue plusieurs types de centres de santé à savoir : Centre de Santé Communal (CSC), Centre de Santé d'Arrondissement (CSA), Maternité Isolée (MI), Dispensaire Isolé (DI), Centre de Santé Confessionnel (CSCo) et Clinique. La commune de Copargo compte au total onze (11) centres de santé au nombre desquels figurent quatre (04) CSA, un (01) CSC, deux (02) maternités isolées, (02) dispensaires isolés, un (01) centre confessionnel et une (01) clinique. La figure suivante présente la répartition des infrastructures sanitaires :

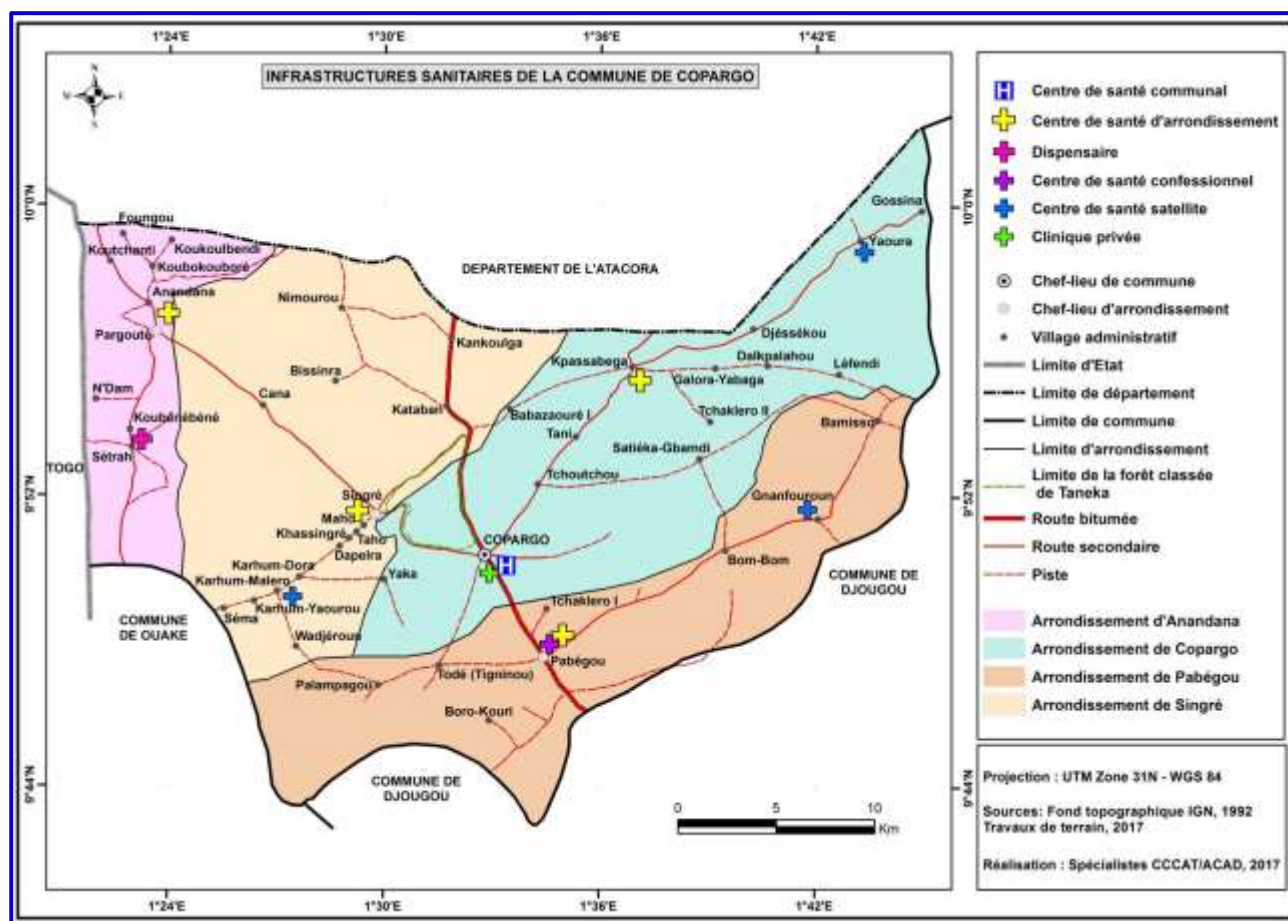


Figure 4 : Répartition spatiale des infrastructures sanitaire dans la commune

Le plateau technique des aires sanitaires de la commune est très peu relevé, ce qui limite les interventions du personnel en place. Certains centres de santé de la commune ne disposent pas d'un point d'eau potable permanent ni d'un système convenable de gestion de l'hygiène et de l'assainissement. Le nombre de lits d'hospitalisation au niveau de toute la commune est très limité

par rapport à la population locale. On note également une défaillance du système de conservation des produits sensibles dans la plupart des aires sanitaires.

3.2.3. Urbanisation

L'occupation et l'aménagement de l'espace communal de Copargo indiquent deux (02) grands ensembles : la zone rurale et la zone agglomérée. La partie rurale représente les champs ouverts y compris les fermes paysannes où sont pratiquées les activités à prédominance agricole. Les grosses agglomérations sont soit les chefs-lieux d'Arrondissement au nombre de quatre (Pargoutè dit « Anandana Centre » ; Copargo, Pabégou, Singré) ou des chefs-lieux de villages au nombre de quarante-six (46) autour desquels gravitent des localités à concentration de population très lâche. Elles sont desservies par 120,38 km de réseau de pistes communales en terre carrossable en toute saison mais leur entretien pose davantage une préoccupation à laquelle il faut trouver des solutions d'avenir. Beaucoup d'autres localités qui constituent pourtant de grosses zones de production restent encore enclavées. C'est le cas de Tchoutchou ; Gbam'di ; Kpanakouka ; Yabaga ; Lèfindi ; Wadjérou ; Koukoulbendi ; Fougou et Babazaoré. Les fermes sont reliées par des sentiers cyclables par des moyens roulants à deux et trois roues.

Seules les localités de Copargo, Pabégou et Anandana sont dotées de plans de lotissement pour un total de 758ha 468a 517ca. Ces lotissements sont constitués des parcelles pour habitation et autres usages privés, des rues et des réserves publiques d'espaces verts et administratives. Mais la plupart de ces réserves surtout celles constituées à Copargo ne sont plus disponibles et se trouvent être occupées par des habitations ou des parcelles privées. En effet, la ville de Copargo, chef-lieu de la commune est actuellement caractérisée par la rareté des réserves publiques destinées à accueillir les d'infrastructures publiques. Celles qui existent sont à une position périphérique et enclavée. L'état des lieux des rues fait par le service technique de la mairie en novembre 2015 sur demande du gouvernement béninois dans le cadre du projet de pavage et d'assainissement des rues de certaines villes du Bénin sur financement de la Banque Islamique de Développement fait état de 20,9 km de rue ouverte et cyclable dans la ville de Copargo dont 16,85 km ouverte par la Commune sur FADeC Non Affecté 2011. Le défaut d'aménagement et d'assainissement et d'entretien de la quasi-totalité de ces rues les rend impraticables surtout en saison des pluies. Les habitations des grosses agglomérations notamment Copargo et Pabégou sont lâches avec assez de terrains non bâtis entre les mains des tiers constitués à but de thésaurisation financière. Cette situation provoque une extension incontrôlée de l'espace avec ses conséquences sur les besoins en investissement pour les aménagements et la construction d'infrastructures sociocommunautaires de base. Aucun plan d'assainissement des eaux pluviales ni Schéma Directeur d'Urbanisation (SDU) n'est élaboré. Pourtant ces documents sont de plus en plus indispensables face à l'urbanisation galopante et effrénée des agglomérations de Copargo et Pabégou. Environ 500 m linéaires de rues sont aménagés et aucune n'est revêtue.

La commune est traversée par la Route Inter-Etat N°3 (RNIE 3) Djougou-Natitingou bitumée en direction du Burkina-Faso sur une portion de 22,6 km de Pabégou à Kankoulga. Elle est de la responsabilité de l'État. La route nationale Perma (commune de Natitingou) – Badjoudè (commune de Ouaké), piste frontalière qui traverse l'Arrondissement d'Anandana sur un linéaire de 24 km est de la responsabilité du Département.

Dans la commune de Copargo, l'affectation et l'aménagement des terres est essentiellement agricole. Aucune zone industrielle, ni aucune zone de pâturage, ni zone de décharge des ordures et déchets ménagères ni aucun réservoir d'eau pluviale n'est constitué ou aménagé. Cet état de choses pose d'énormes conflits liés à l'accès à la terre et aux ressources en milieu rural. L'aménagement rural est essentiellement aux fins agricoles. Ainsi cinq (05) retenues ou barrages d'eau sont réalisés et destinés à l'élevage (Pabégou), la pisciculture (Tanéka-Koko ; Kahrum Yaourou) ou à la production de contre saison (Tchandoga ; Tchandégou).

3.2.4. Populations

☐ Population actuelle et évolution

Selon l'INSAE (RGPH4, 2013), la population de la commune de Copargo est passée de 64.377 habitants en 2010 à 70.938 habitants en 2013 dont 35.389 femmes (soit 49,89 %) avec un taux d'accroissement de 3,00% en baisse par rapport à 2010 et d'après le DET (2014) une densité de 81 ha/km². La population masculine dépasse légèrement celle des femmes représentant 49,89 % de la population totale de la commune. Cette tendance ne s'inversera pas d'ici les cinq (05) années à venir si la croissance démographique de la commune suit le même rythme. La faible représentativité des femmes est révélatrice du poids des pesanteurs socioculturelles qui inhibent les initiatives féminines, entravent l'éducation et le maintien des filles à l'école.

☐ Occupation spatiale

La répartition par tranches d'âge et par arrondissement montre une grande jeunesse et une inégale répartition de la population. L'arrondissement de Copargo abrite plus de 37% de la population tandis que celui d'Anandana ne compte que 16,27%. La population active représente 42,34% de la population communale, contre 57,66% pour les enfants et les vieillards. Ces données sont révélatrices des problèmes de développement auxquels la commune doit faire face en matière d'infrastructures sociales (écoles, routes, centres de santé, etc.). Une telle population active constitue aussi un atout pour la promotion des activités économiques (comme main d'œuvre) et pour l'écoulement des produits (marché potentiel).

La commune est peuplée en majorité des Yoa. Les Lokpa et les solla (piyopè) viennent respectivement en 2^{ème} et 3^{ème} position. Les Yoa occupent à 99% la totalité du territoire des trois (03) arrondissements (Copargo, Singré, Pabégou) sur quatre (04) que compte la commune. La population Yoa et Lokpa représente 82% de la population, les solla ou Piyopè environ 13%, les Haoussa et les dendi 2%, les Bètammari (1%) et les Peuhls (1%). On y rencontre également d'autres groupes socio-ethniques tels que les Bariba, les Boufalé, les Fon et quelques Yoruba qui représentent 1 %. La commune de Copargo s'est illustrée ces dernières années dans les conflits entre certains groupes socioculturels ; les plus fréquents opposent les Yoa autochtones aux minorités Dendi et Haoussa à cause de la mauvaise gestion du foncier ou suite à la dégénérescence des accrochages entre familles ou clans. Dans les arrondissements périphériques, la cohabitation entre autochtones et allogènes peuls est mise à mal par les litiges nés de la destruction des cultures par les troupeaux de bœufs. Même à l'intérieur d'un même groupe socioculturel, la cohabitation entre clans est mise à l'épreuve par la résurgence de conflits séculaires.

Les religions modernes sont les plus dominantes dans la commune. La religion islamique vient en tête avec 53,8 %, les religions chrétiennes et traditionnelles suivent respectivement avec 20,30 % 11,60 %. Des flux migratoires sont observés davantage dans le sens des sorties vers le Borgou, l'Alibori, les collines et vers les pays comme le Togo, le Ghana, le Nigéria, le Niger, le Gabon, l'Algérie, l'Allemagne, l'Italie etc. Ce phénomène touche les jeunes (hommes et femmes) en quête de terres fertiles et d'emplois saisonniers rémunérateurs dans le secteur agricole ; ce qui réduit la main d'œuvre pour les secteurs productifs.

3.2.5. Principales activités socio-économiques

Le Diagnostic Économique Territorial de la commune de Copargo révèle que la commune regorge d'énormes potentialités dont la valorisation peut contribuer au développement économique et social.

L'économie locale est composée des activités du secteur primaire (Agriculture, Elevage, chasse ; Sylviculture et exploitation forestière ; Pêche, pisciculture et aquaculture), du secteur secondaire (transformation de produits agricoles, fabrication d'articles d'habillement, travail du bois) et du secteur tertiaire (Commerce et réparation d'automobile et de motocycle, commerce de gros et activités intermédiaires, artisanat, tourisme, etc.).

La production agricole constitue la principale activité économique suivie de l'élevage et du commerce. L'agriculture est de type extensif sur brûlis et reste dépendant du climat et des engrais. La production est orientée vers les céréales et les tubercules. L'élevage est de type traditionnel avec un recours limité au soin vétérinaire. Quant au commerce, il est caractérisé par la mise sur le marché des produits agricoles comme l'igname, les céréales, les noix de cajou et également les produits manufacturés.

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

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

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

- ◆ un (01) forage ;
- ◆ 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-Ouest de la ville et a été réalisé en 1987. La pompe installée actuellement dans le forage date de 2017 et a les caractéristiques suivantes :

- ◆ Marque : Grundfos ;
- ◆ Profondeur d'immersion : 50 m ;
- ◆ Débit : 5 m³/h ;
- ◆ HMT : 84 m ;
- ◆ Puissance : 1,6 KW.

La photo suivante montre le forage.



Photo 1 : Vue du forage

Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

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 150 l, d'une pompe doseuse de 13 l/h à 10 bars et d'un (01) agitateur. L'injection de l'hypochlorite de calcium se fait directement sur la conduite de refoulement d'eau traitée.



Photo 2 : Bac de chloration et pompe doseuse

Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

☐ Alimentation en électricité et protection

Les équipements du forage et de traitement sont alimentés en électricité grâce à un groupe électrogène Starpower de 20 KVA installé en 2020. Le groupe électrogène 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 génie civil du site ne présente pas de dégradation majeure. Cependant, la clôture grillagée du site présente des fissures sur le soubassement et sur certains poteaux. De même quelques fissures sont observées sur les murs extérieurs du bâtiment et sur le regard. Il est également noté :

- ◆ la difficulté de fermeture et d'ouverture du portail d'entrée dû à l'ensablement du seuil ;
- ◆ une épaufure de la peinture dans la zone inférieure du bâtiment dû à l'humidité.

Les équipements du forage sont dans un état de fonctionnement correct. Cependant, la capacité de la nappe est insuffisante. La pompe ne fonctionne que pendant 15 mn en continu et est redémarrée trois heures plus tard.

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

Aucun problème n'est noté au niveau du groupe électrogène. Cependant, il est urgent de souscrire à un abonnement SBEE pour soulager le groupe d'une part et d'autre part assurer une production sans interruption de l'eau à la population. Il existe une ligne moyenne tension à 20 m du site.

L'armoire de commande des pompes a déjà subi un incendie une fois et nécessite une maintenance avec le remplacement des instruments de mesure (voltmètre et ampèremètre) ainsi que la filerie et la signalisation.

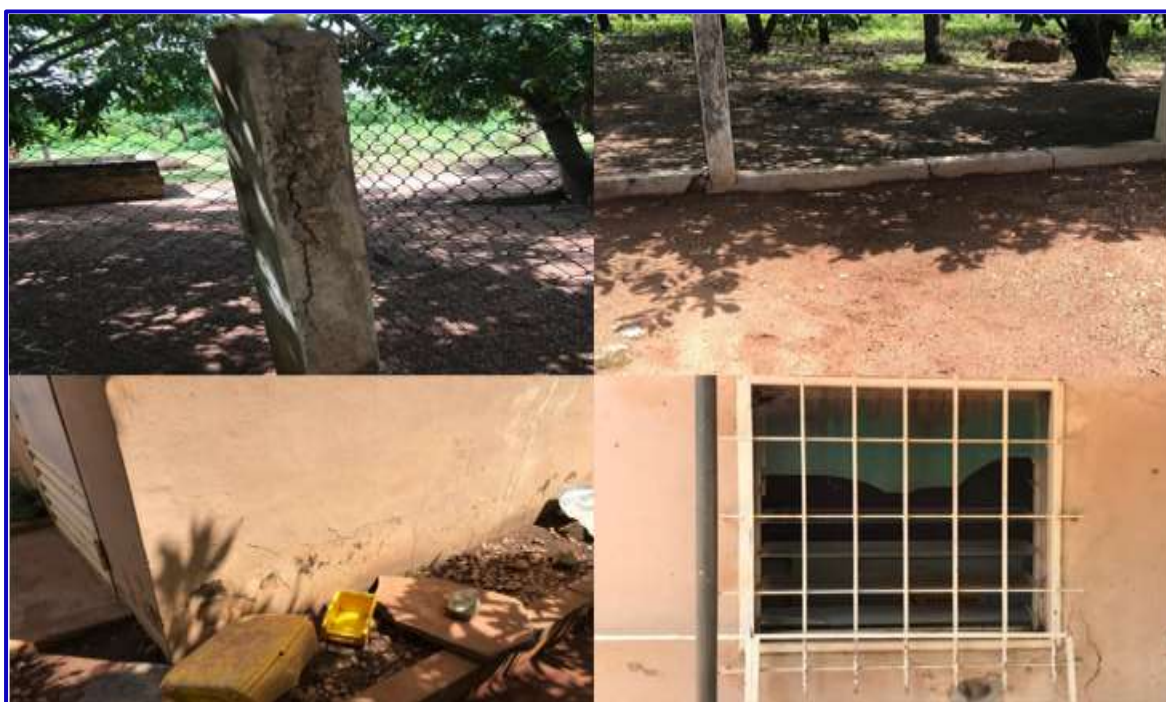


Photo 3 : Fissures observées sur le génie civil du site du forage

Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

4.3. OUVRAGE DE STOCKAGE

4.3.1. Description

Le réseau d'alimentation en eau potable de Copargo compte un seul château d'eau. Il a une capacité de 15 m³ sur 15 m de hauteur sous-radier.

Le château d'eau est alimenté par une conduite en PVC DE 75 mm qui constitue en même temps la distribution. Le château d'eau ne se remplit plus car la vanne est fermée pour faire directement du service en route.

La photo suivante montre le château d'eau.



Photo 4 : Vue du château d'eau

Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

4.3.2. Diagnostic

Le génie civil du château ne présente aucune défaillance. Il est en bon état. Cependant, on constate la disparition partielle des grillages de la clôture de protection comme le montre la photo suivante.



Photo 5 : Clôture de protection du château d'eau

Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

4.4. RÉSEAU DE DISTRIBUTION

4.4.1. Description

Le réseau de distribution de la ville de Copargo est constitué de conduites en PVC DE 75 mm uniquement et ne couvre pas toute la ville. Le réseau d'adduction et de distribution fait un linéaire

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 Copargo 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 ente 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. La localité de Pabégou, bien qu'étant classée rurale par l'ENSEA est prise en compte sur demande de la SONEB.

Le tableau suivant donne la liste des arrondissements de la commune de Copargo avec leur statut urbain ou rural selon la terminologie de l'ENSEA ainsi que les populations correspondantes selon le RGPH4.

Tableau 2 : Arrondissements et populations 2013 de la commune de Copargo

Communes	Données INSAE		
	Arrondissements	Population rurale 2013	Population urbaine 2013
COPARGO	ANANDANA	10 784	-
	COPARGO	-	28 605
	PABÉGOU	14 177	-
	SINGRE	17 372	-

Cependant, bien que l'arrondissement de Copargo 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 les arrondissements de Copargo et Pabégou ainsi que leurs populations 2013 selon les données de l'ENSEA. Elles sont au nombre de onze (11).

Tableau 3 : Localités et populations des arrondissements de Pabégou et Copargo

Arrondissement	Villages ou quartiers de ville administratifs	Longitude	Latitude	Population 2013
PABÉGOU	BAMISSO	1.72884	9.90188	1 319
PABÉGOU	GNANFOUNOUN	1.70478	9.85570	1 413
PABÉGOU	PABEGOU	1.57325	9.79276	6 488
PABÉGOU	PALAMPAGOU	1.49942	9.77929	3 279
PABÉGOU	TCHAKIERO I	1.56565	9.80470	572
PABÉGOU	TIGNINOUN	1.52628	9.78904	1 106
COPARGO	COPARGO	1.54894	9.83545	10 973
COPARGO	GALORA	1.65079	9.93502	4 912
COPARGO	PASSABIA	1.61718	9.93509	4 260
COPARGO	SATIEKA	1.64665	9.88378	5 749
COPARGO	TCHAKLERO II	1.64591	9.90042	2 711

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

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

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

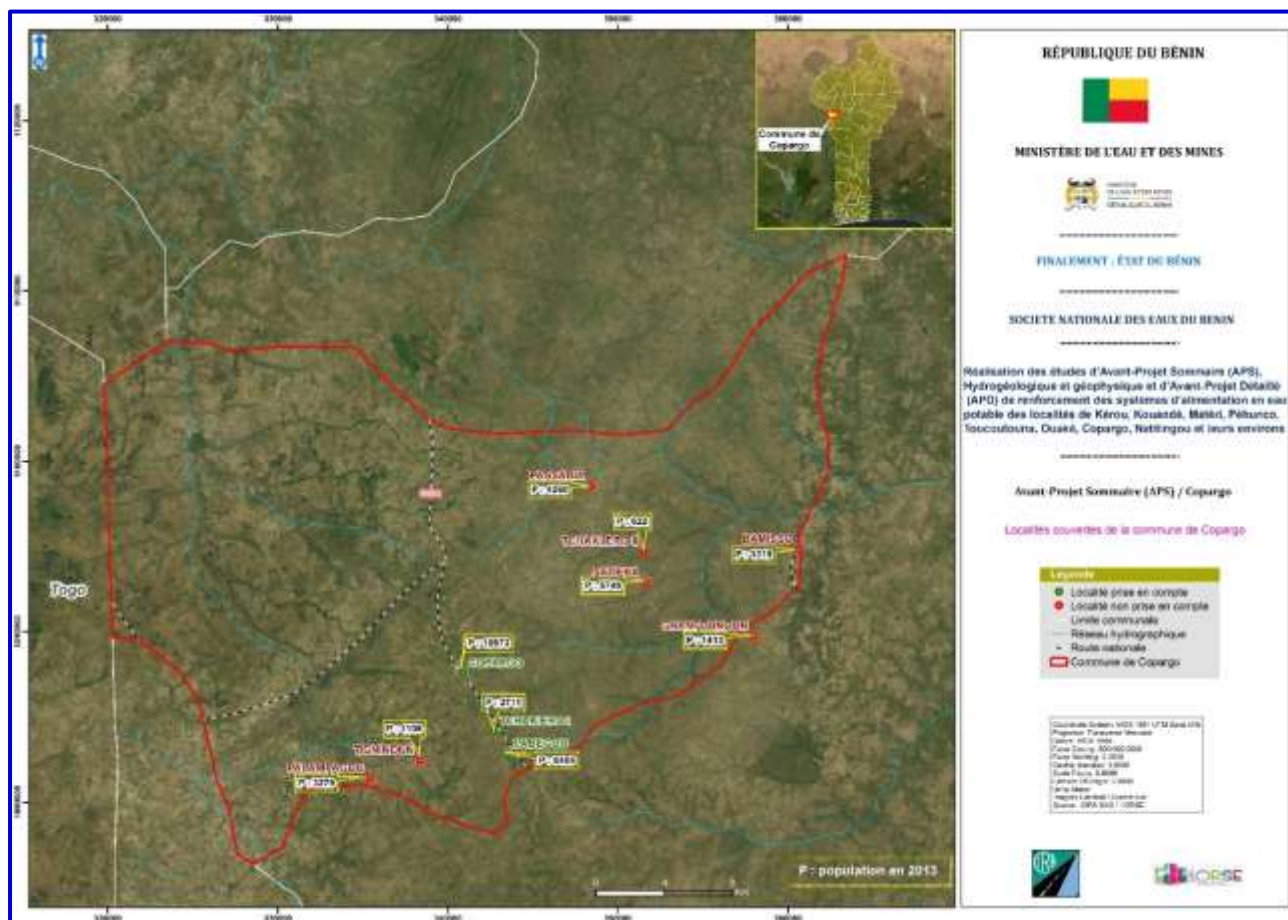


Figure 6 : Localités retenues pour Copargo

5.1.2. Populations concernées

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

Tableau 4 : Localités et populations prises en compte pour la commune de Copargo

Arrondissement	Villages ou quartiers de ville administratifs	Population 2013	Distance par rapport à Copargo Centre (Km)	Population prise en compte	Observations
PABÉGOU	BAMISSO	1 319	21.05		Localité non lotie à plus de 15 km
PABÉGOU	GNANFOUNOUN	1 413	17.24		Localité non lotie à plus de 15 km
PABÉGOU	PABÉGOU	6 488	5.42	6 488	
PABÉGOU	PALAMPAGOU	3 279	8.25		Ensemble de localités non loties
PABÉGOU	TCHAKIERO I	572	3.86	572	
PABÉGOU	TIGNINOUN	1 106	5.70		Localité non lotie
COPARGO	COPARGO	10 973	0	10 973	
COPARGO	GALORA	4 912	16.78		Localité non lotie à plus de 15 km
COPARGO	PASSABIA	4 260	13.32		Localité non lotie
COPARGO	SATIEKA	5 749	11.97		Localité non lotie
COPARGO	TCHAKLERO II	2 711	12.84		Localité non lotie
Total		42 782		18 033	

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 3.05%. Il est issu des résultats du RGPH4. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant pour Pabégou et Copargo.

Tableau 5 : Populations aux différents horizons considérés

Années	2013	2020	2021	2025	2030	2035
Copargo	10 973	13 541	13 954	15 736	18 287	21 251
Pabégou	7 060	8 712	8 978	10 125	11 766	13 673
Total	18 033	22 254	22 933	25 861	30 053	34 924

5.1.3. Besoins en eau

5.1.3.1. Facteurs déterminants

☐ Consommations spécifiques

Le système d'alimentation en eau potable de la ville de Copargo ne fonctionne presque pas. Il n'a pas ainsi été possible de disposer de données de statistiques d'alimentation en eau potable des années passées.

Cependant, Copargo est comparable aux autres villes du projet comme Kouandé, Kérou etc.

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 tropicale humide, 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 admettons 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 suivantes 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 HYDROLOGIQUES, 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 Copargo.

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 sensu.

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.

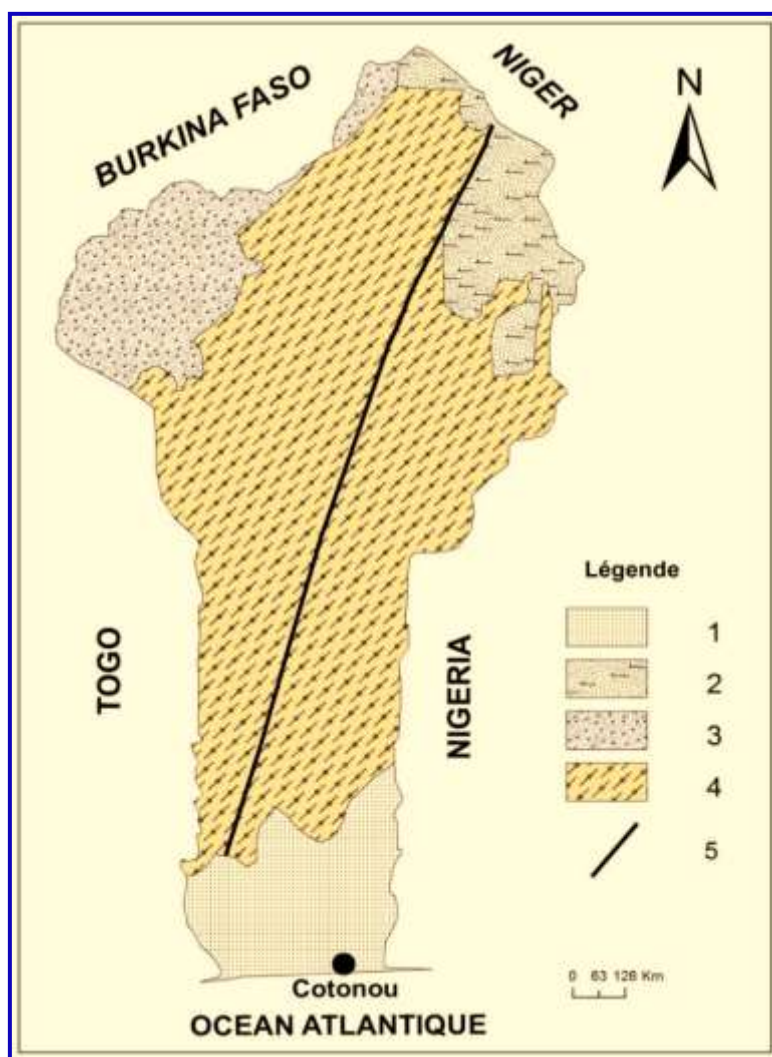


Figure 7 : Provinces hydrogéologiques du Bénin²

1. Bassin côtier ;
2. Bassin Sédimentaire de Kandi ;
3. Province des couvertures anciennes (Bassin Sédimentaire de la Volta) ;
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 de Volta. La carte suivante montre les unités hydrogéologiques des AEP résultantes des différentes provinces hydrogéologiques du Bénin.

² Sources : Modifié d'après Hydrogéologie de la république du Bénin (Afrique de l'Ouest) ; M. BOUKARI, 2007

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

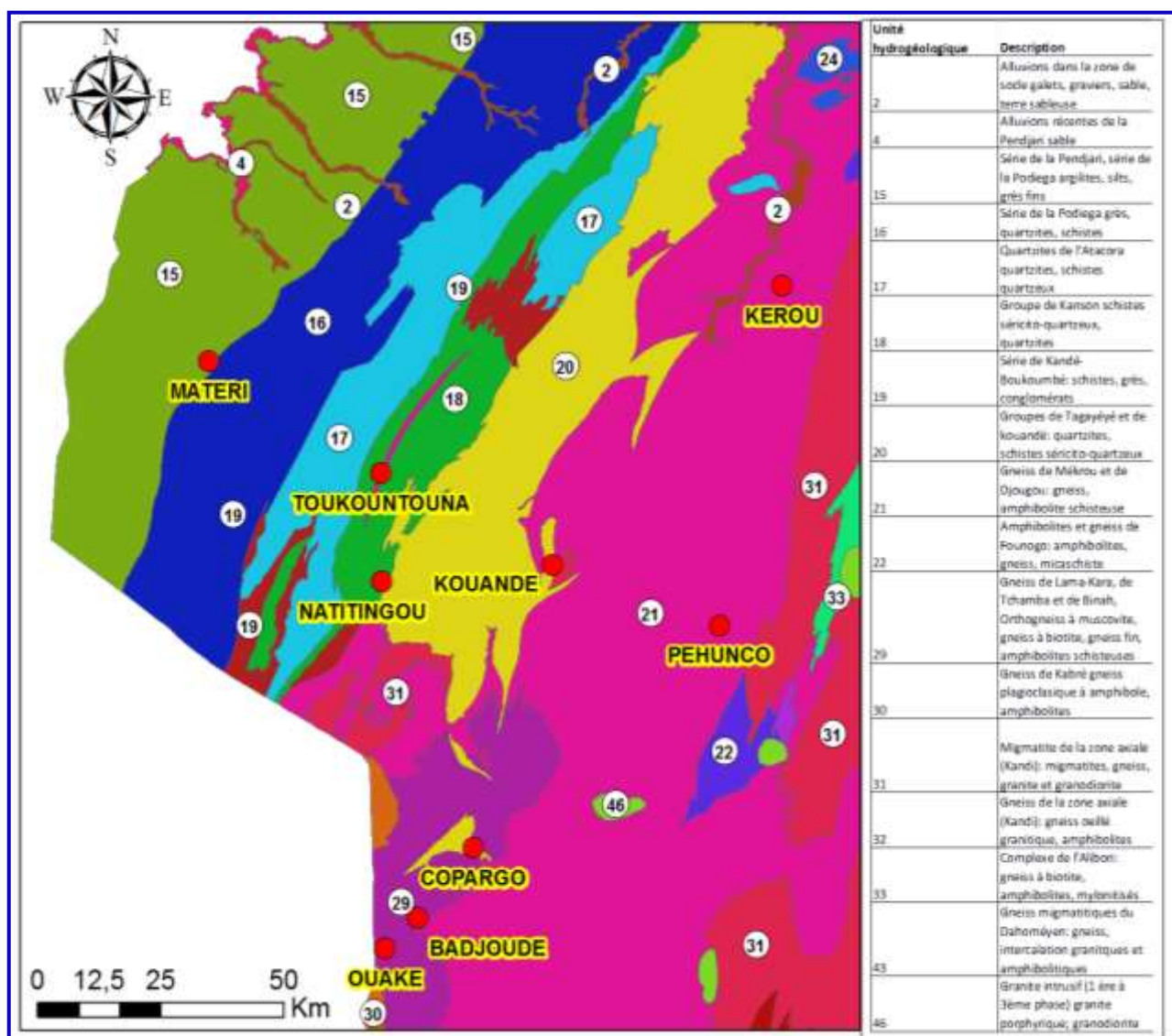


Figure 8 : Unités hydrogéologiques détaillées des AEP des villes concernées

Source : Carte hydrogéologique du Bénin, 2012

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

Tableau 6 : 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 à muscovite, Micasciste quartzeux à muscovite, parfois grenat, Orthogneiss à muscovite, gneiss à amphibole, amphibolite schisteuse, altérites, gneiss fin et micashistes à biotite et muscovite, amphibolites schisteuses	Socle Unité hydrogéologique 20 et 29	9

Au total, 24 implantations de forages ont été réalisées pour la ville de Copargo (Voir rapport hydrogéologique).

5.2.2. Données hydrologiques

5.2.2.1. Démarche méthodologique

La démarche méthodologique adoptée pour l'atteinte de l'objectif de la mission repose sur les points suivants :

- ◆ entretien avec les responsables des services déconcentrés de la SONEB dans chacun des départements de la zone d'étude ;
- ◆ entretien avec le Chef d'Exploitation de la SBEE ;
- ◆ prise de contact avec les services techniques des mairies concernées ;
- ◆ visite des retenues d'eau ;
- ◆ examen visuel des ouvrages intégrant de très nombreux paramètres, et permettant de détecter les anomalies et désordres susceptibles d'affecter le barrage ;
- ◆ collecte de données sur les retenues d'eau en présence d'un représentant des structures en charges de l'exploitation des retenues (géo référencement de chaque barrage, estimation de sa capacité, sa situation dans le réseau hydrographique, son régime, son état actuel, les événements majeurs depuis sa réalisation, etc.) par une approche participative des différents acteurs ;
- ◆ description de l'état actuel des principaux ouvrages des retenues (digue, évacuateur de crue et la cuvette) ;
- ◆ usages actuels des retenues d'eau ;
- ◆ renseignement des fiches élaborées à cet effet ;
- ◆ rédaction du rapport de mission.

Par ailleurs, la surface du plan d'eau est obtenue à partir de la prise des coordonnées des points au GPS au niveau des deux rives en suivant au mieux le contour délimité par la surface du plan d'eau.

5.2.2.2. Retenues d'eau existantes autour de Copargo

La visite de terrain a permis de constater que la commune de Copargo dispose de cinq (05) retenues d'eau toutes situées dans un rayon de 12 km du chef-lieu de la commune. Les plus proches du centre de Copargo sont les trois premières (RE de Copargo, RE de Pabégou ancien et RE de Pabégou). Malheureusement, ces 5 retenues sont de petite taille. Elles ont leurs cuvettes fortement comblées, les digues et déversoirs en ruine. Les ouvrages étant en ruines, elles ne gardent plus de l'eau sur une longue durée et s'assèchent très vite. Il faut signaler que seule la retenue d'eau de Katabam a connu des travaux de réhabilitation entre 2019 et 2020. Comme les autres, elle est de petite taille. Le tableau suivant présente quelques caractéristiques des retenues d'eau de la commune de Copargo. Le positionnement des coordonnées géographiques de ces retenues montre que les trois retenues qui sont proches de la ville de Copargo sont logées dans un même bassin versant et situées en tête du bassin. Ce qui confirme d'ailleurs leur petite taille. Il est à retenir que ces retenues d'eau ont été réalisées dans un but hydroagricole.



Figure 9 : Images Google Earth des retenues de Copargo (à gauche) et de Pabégou (à droite)

Source : CIRA SAS/ HORSE, Septembre 2021

Tableau 7 : Caractéristiques des retenues d'eau de Copargo

Arrondissements	Nom de la retenue	XPR	YPR	Distance au Chef-lieu (km)	Volume actuel (m ³)	Hauteur actuelle (m)	Surface Plan d'eau (ha)
COPARGO	RE de COPARGO	340389	1089831	2,5	14 894	2	2,2
PABEGOU	RE de PABEGOU	343864	1082338	6,5	32 360	2	4,8
PABEGOU	RE de PABEGOU Ancien	344958	1081327	7,8	714	1	0,2
SINGRE	RE de KARHUM-YAOUROU	329348	1085168	11,3	113	2	0,1
SINGRE	RE de KATABAM	339921	1097317	10	29 006	3	2,9
Soubroukou	Barrage de Djougou			20,2	176 993	4	

Source : Enquête de terrain Juillet 2021, DGR et DGEau, 2019

Une retenue d'eau sur la rivière de Térrou à Djougou a été identifiée comme pouvant servir à l'alimentation en eau de la ville de Copargo. Cette retenue d'eau fournit actuellement à la SONEB la quantité d'eau nécessaire pour alimenter la ville de Djougou.

5.2.2.3. Barrage de Djougou

☐ État actuel

Le barrage de Djougou est un barrage en terre constitué d'une digue et d'un déversoir circulaire dont le seuil est à la cote de 420,68 m. La visite de site a permis l'examen des différentes parties d'ouvrage du barrage.

☐ Déversoir

Il est en béton et ne présente aucune défaillance ni de dégradation structurelle. Le niveau actuel de l'eau ne permet pas d'apprécier son fonctionnement.



☐ La digue

La crête de la digue est protégée par une couche de couronnement qui ne présente pas d'affaissement. La digue ne présente visiblement donc pas de déformations dues à un tassement différentiel. On note une absence d'apparition de fissures sur la crête et sur le talus aval dont la protection en perrés maçonnés ne présente aucun désordre. Par contre, le talus amont revêtu d'une couche latéritique est lessivé et connaît une érosion prononcée. Il est parsemé de terriers constituant ainsi des poches d'infiltrations d'eau qui pourraient conduire à une amorce de renard pouvant porter préjudice à la stabilité de l'ouvrage si les premiers symptômes ne sont traités dès le début. On remarque également sur le talus amont et au pied du talus aval, la présence d'une végétation arbustive. Les racines de ces arbres sont en effet dangereuses car elles peuvent entraîner deux conséquences néfastes :

- ◆ le soulèvement d'ouvrages rigides et de perrés ; et
- ◆ la création de zones de cheminement préférentielles de l'eau le long des racines, surtout à la mort de l'arbre. Ces cheminements peuvent causer des fuites et des phénomènes de renard (érosion interne), qui peuvent détruire le barrage.



❑ L'ouvrage de prise

On note un déchaussement du socle d'appuis de l'ouvrage de prise et la présence d'enfouissement au droit du socle. Quelques empreintes de rouille sont constatées sur la passerelle métallique.

Des insuffisances d'entretiens et l'usure courante du barrage ont généré quelques dégradations mineures non préjudiciables à terme à l'ouvrage, pourvu que la SONEB exécute régulièrement les travaux d'entretien qui s'imposent. Les dégradations observées sur le barrage de Djougou sont présentées en annexes.

❑ Exploitation actuelle du barrage de Djougou

Le barrage de Djougou est exploité par la SONEB pour l'alimentation en eau potable de la ville de Djougou. Selon le Chef d'Agence de la SONEB de Djougou (Mr. Raïmi Boukari), l'ouvrage a été aménagé pour un prélèvement de 90 m³/h, pour deux stations de traitement. Il faut noter que depuis la mise en service du barrage, la SONEB n'a jamais exploité le barrage à ce potentiel de 90 m³/h. Depuis 2017, une station est à l'arrêt et la SONEB ne prélève que 50 m³/h. Dès lors, pour satisfaire aux besoins eaux des populations, le barrage et 9 forages dont le débit total estimé à 140 m³/h sont exploités.

D'après les études de Honvoh (2015), la capacité du barrage est de 251.437 m³ pour la cote existante de 420,68 m (Plan d'Eau Normal). Ce réservoir est sujet à des perturbations pendant les saisons sèches et surtout pendant le mois d'Avril, mois le plus chaud de l'année. En saisons sèches, on constate que l'eau se retire vers le fond de la cuvette, laissant des surfaces dénoyées d'environ 85 729 m² ce qui correspond à la côte 419 m et le déversoir à découvert ; comparaison faite à partir de la cote du seuil du déversoir (420,68 m). Ces surfaces servent d'une part de pâturage au bétail et d'autre part d'habitation et de zones cultivables pour les sans-abris. Ce tarissement observé en saisons sèches est dû à des causes multiples : l'évaporation et la réduction de la pluviométrie, conséquence des changements climatiques globaux (Honvoh, 2015).

Sur la base des levés bathymétriques obtenus auprès de la SONEB, la courbe Hauteur-Volume du barrage de Djougou a été reconstituée en 2015 depuis la mise en service du barrage en 1954 (Figure suivante). Sur cette figure, PEN désigne le Plan d'Eau Normal et PE le Plan d'eau observé en avril 2015 (Honvoh, 2015).

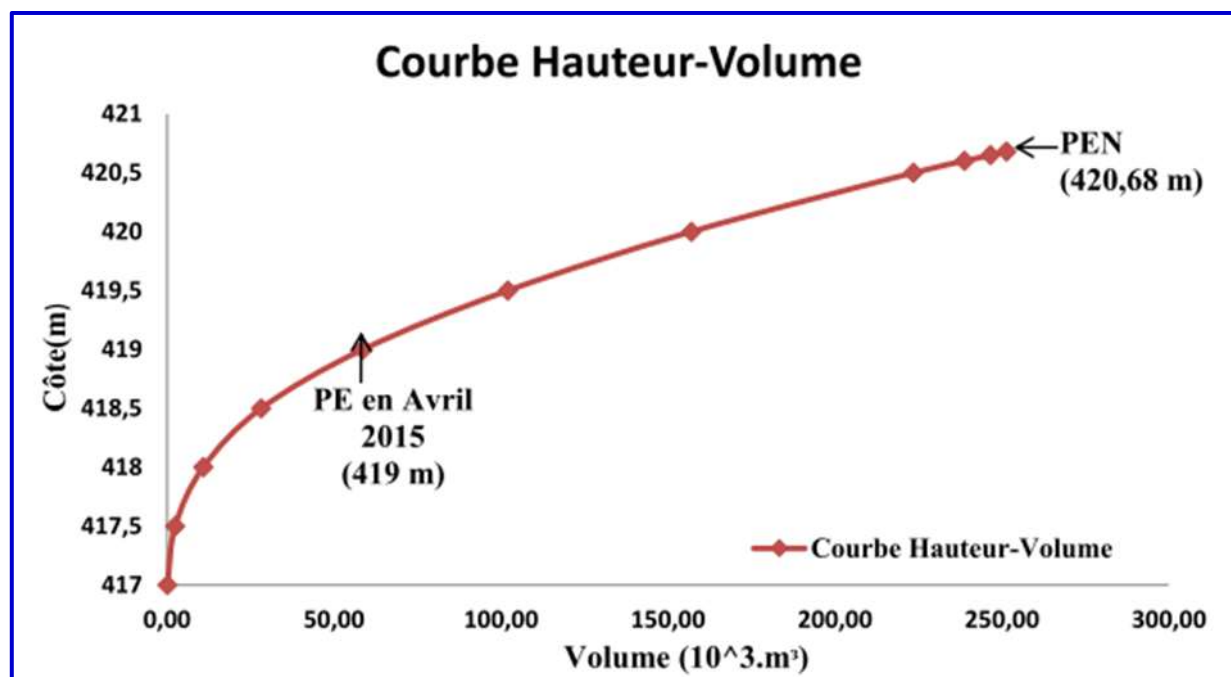


Figure 10 : Courbe hauteur volume du barrage de Djougou (Source Honvoh, 2015)

Il ressort de l'analyse de cette figure que le plan d'eau de ce barrage à étiage est à la cote 419 m : le fond envasé est alors visible et correspond à une tranche d'eau de $58\,670 \text{ m}^3$ sur la courbe hauteur-volume initiale de ce barrage. La cote du seuil existant étant de 420,68 m, correspond donc à un volume d'eau de $251\,437 \text{ m}^3$ pour une hauteur de 3,68 m sur la courbe hauteur-volume. La capacité utile du barrage en 2015 a été estimée à $192\,767 \text{ m}^3$ (Honvoh, 2015). Il y a donc, un envasement prononcé d'environ 2 m. Il est à noter qu'en Avril, le barrage est pratiquement à sec et le fond devient visible.

Lors de cette mission de terrain (du 05 mai 2022), le volume d'eau stocké dans la cuvette du barrage en cette date a été estimé à $190\,133,3 \text{ m}^3$ pour une surface du plan d'eau d'environ 15,5 ha et pour une hauteur de 3,68 m.

En 2017, les travaux de curage confiés à l'entreprise SATOM n'ont pas été achevés car ayant été rattrapés par la saison pluvieuse (propos du chef d'Agence de Djougou). N'ayant pas d'autres informations précises sur le volume de vase retiré, la hauteur de 3,68 m de la cuvette mesurée en 2015 a été maintenue.

❑ Caractéristique et production en eau du Bassin versant du barrage de Djougou

La cuvette du barrage de Djougou reçoit les eaux d'un bassin versant de $31,7 \text{ km}^2$ drainé par un bras de cours d'eau appelé Térou. La figure suivante présente la situation géographique du bassin versant qui alimente le barrage de Djougou.

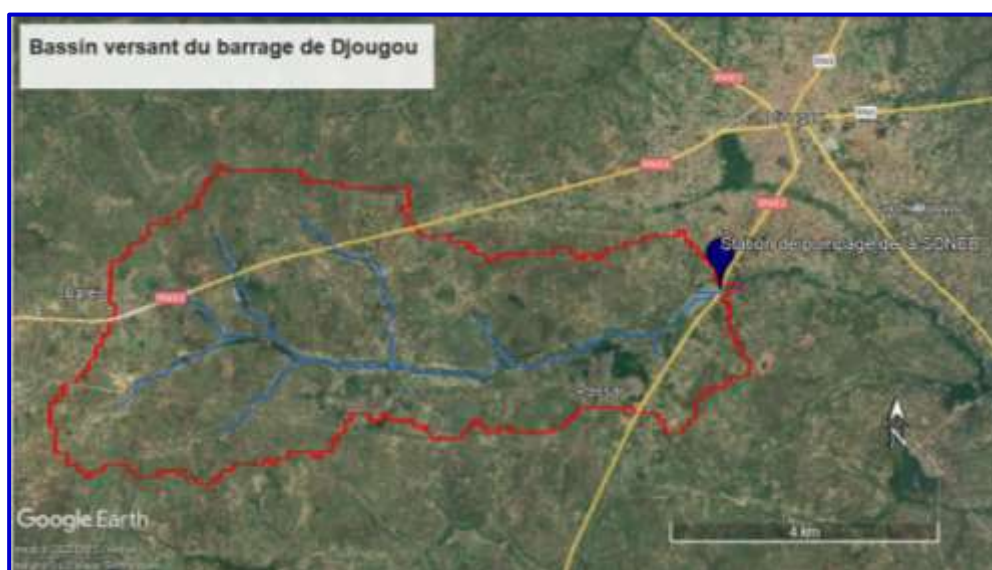


Figure 11 : Situation géographique du bassin versant du barrage de Djougou

Les caractéristiques morphologiques de ce bassin versant sont présentées dans le tableau suivant. De ce tableau il ressort que le bassin versant a une forme allongée avec une pente globale moyenne de 2,9 ‰.

Tableau 8 : Caractéristiques du bassin versant du barrage de Djougou

Paramètres	Valeurs
Pluie annuelle (mm)	1253,1
Superficie (Km ²)	31,7
Périmètre (Km)	36,2
Pente (m/km)	2,9
KG	1,8
Coefficient de Ruissellement (%)	12,0

Les différentes composantes du volume de ruissellement de la crue du bassin versant du barrage de Djougou sont présentées dans le tableau suivant. De l'analyse de ce tableau, il ressort que le débit moyen décennal de ce bassin versant au droit du barrage est de 5,1 m³/s. Le volume total décennal est d'environ 1 174 771,3 m³.

Tableau 9 : Estimation des volumes ruisselés et de la crue décennale du bassin versant du barrage de Djougou

Paramètres	Valeurs
Pluie annuelle (mm)	1253,1
Superficie (Km ²)	31,7
Périmètre (Km)	36,2
P ₁₀ (mm)	122,5
P ₁₀₀ (mm)	174,1
K	0,8
P _{m10} (mm)	102,6
K _{r10} (%)	36,2
H _{r10} (mm)	37,1
V_{r10} (1000 m³)	1174,8
T _{b10} (s)	3837,3
T _{m10} (min)	1266,3
Q_{m10} (m³/s)	5,1
Q _{max10} (m ³ /s)	14,6
Q _{xr10} (m ³ /s)	13,3
Q _{ret10} (m ³ /s)	1,3
V _{ret10} (1000 m ³)	306,1
V _{c10} (1000 m ³)	1480,8
C	2,3
Q₁₀₀ (m³/s)	33,8

5.2.2.4. Synthèse

Il ressort de l'analyse des caractéristiques hydrologiques de la retenue ciblée les données importantes suivantes :

- ◆ Surface actuelle : 15.50 ha ;
- ◆ Hauteur d'eau maximale : 3.68 m ;
- ◆ Capacité de stockage : 251 437 m³.;
- ◆ Surface bassin versant : 31.70 km² ;
- ◆ Pluie annuelle : 1253.1 mm ;
- ◆ Débit bassin versant pour une période de retour de 10 ans : 5.10 m³/s.

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.

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

, 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 $\pm P = a^*(V)/g$

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.

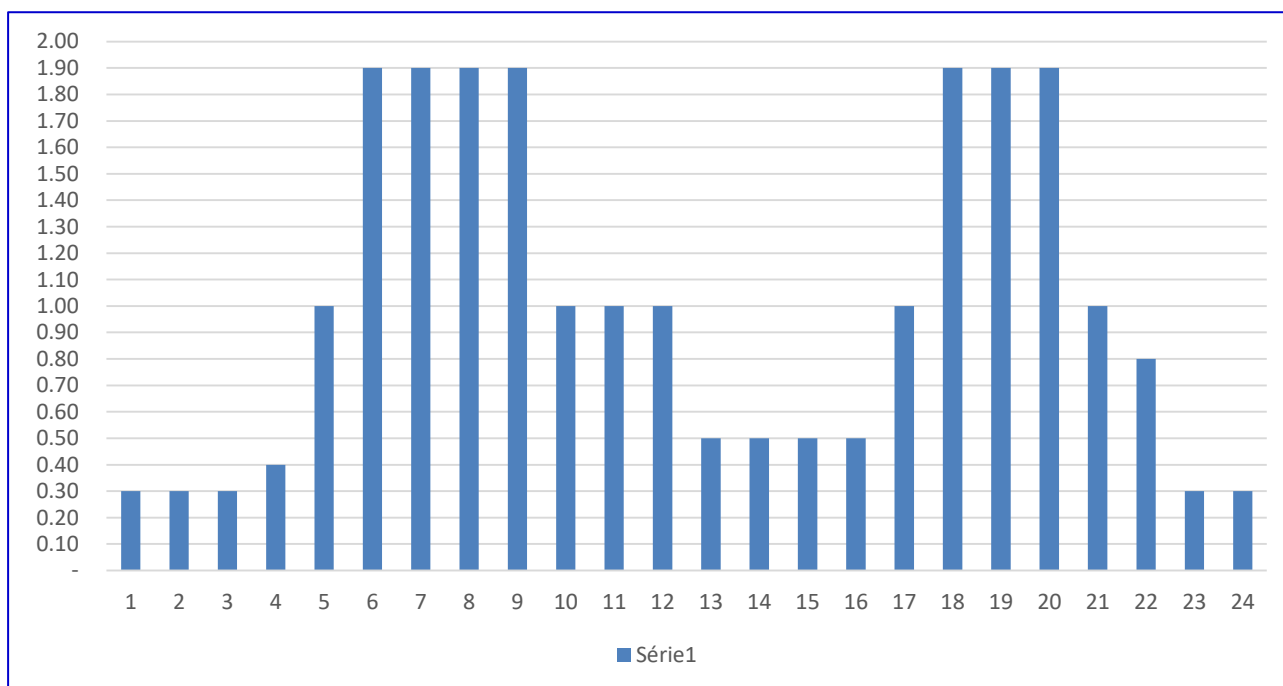


Figure 12 : Courbe de modulation

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. À 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). À partir de 9 heures le pic baissent progressivement et revient aux pointes basses entre 13 heures et 16 heures.

À 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 (Q_s) 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 :

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

Les dimensions du massif seront données de façon à ce que le rapport (F/Q_s) 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 :

$$F = P \times \tan(\varphi) + S \times C$$

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 ($K_{se} = F / Q_e$) 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 :

$P_t = 1.25 \times PC$;

A = Angle du coude ;

DI = Diamètre Intérieur.

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

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

Dans laquelle :

γ = Poids spécifique du sol non remanié ;

H_{moy} = 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 : $C = 0.75 \times Co$.

◆ 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 : $\varphi = 30^\circ$.

5.3.6. Pompes

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

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

Où :

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

□ Calcul des pertes de charge linéaires H_L

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

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

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).

❑ 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...).

5.3.7. 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.

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

- 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.

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

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

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

5.3.8. 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 :

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

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

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 POTABLE

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 2021, 2025, 2030 et 2035. Les calculs détaillés sont annexés (annexe 1).

Tableau 10 : Évaluation des débits de dimensionnement

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	25 861	1 095	1 259	1 322	60
2030	30 053	1 455	1 673	1 756	80
2035	34 924	1 902	2 187	2 296	104

Sources : CIRA SAS / HORSE, Septembre 2021

Les besoins totaux moyens en eau brutes pour l'horizon 2035 sont de 2 296 m³/j soit 104 m³/h pour 22 heures de fonctionnement par jour. Ce débit sera arrondi à 110 m³/h pour la suite du projet.

6.1.2. Bilan besoins – ressources disponibles

La capacité de production pour Copargo est très faible. Il s'agit d'un forage de capacité 6,7 m³/h dans lequel est installée une pompe de capacité 5 m³/h. Cependant, la nappe du forage ne permet pas de pomper en continue mais juste 15 minutes toutes les trois heures. La capacité de production journalière est alors très faible. Ce forage doit donc être abandonné.

Le système de production d'eau brute et de traitement à mettre en place devra donc pouvoir permettre de produire et traitée en 2035 au moins **110 m³/h** pour satisfaire les besoins de la population à cette période.

6.2. OPTIONS DE PRODUCTION ET DE TRAITEMENT D'EAU BRUTE

Comme indiqué dans les paragraphes dédiés aux études hydrologiques et géophysiques, deux sources d'alimentation en eau potable sont envisageables pour la ville de Copargo.

- ◆ Une source d'eau de surface au niveau du barrage de Djougou;
- ◆ Une source d'eau souterraine à partir de forages dans la ville de Copargo et environs

Sur cette base, deux options d'alimentation en eau potable de la ville et ses environs sont proposées :

- ◆ **Option 1** : Eaux souterraines avec forages et traitement;
- ◆ **Variante 2** : Eaux de surface du barrage de Djougou et traitement complet avec une station de traitement de type compact.

Pour chaque option, la capacité de traitement prévue sera arrondie à **110 m³/h**.

6.2.1. Option 1 : Eaux souterraines

6.2.1.1. Production d'eau brute

Pour cette option, les eaux souterraines sont proposées. Il s'agira de réaliser des forages pour une capacité de production d'eau brute de **100 m³/h**. D'après les résultats des études géophysiques, les débits escomptés des forages dans la ville de Copargo varient entre un minimum de 9 m³/h et un maximum de 10 m³/h. En considérant un débit minimum de 9 m³/h (pour rester du côté de la sécurité), le nombre de forages nécessaires pour satisfaire la demande pour un fonctionnement journalier de 15 heures est 18 forages (2 296 m³/j / 15 heures par jour).

6.2.1.2. Traitement

☐ Principe

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'aire permettra de fournir à l'eau la quantité d'aire 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;
- ◆ A 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 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 bêche 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 **110 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 **110 m³/h**, la surface nécessaire est de 3.67 m² en considérant une charge spécifique de 30 m³/h/m². En considérant une largeur de tour de 2.00 m, 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 2 m) 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 200 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 2 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 $2.00 \text{ m} \times 2.00 \text{ m} \times 2.00 \text{ m} = 8 \text{ m}^3$ 06 fois en 1 heure.

On considérera un souffleur de capacité $50 \text{ m}^3/\text{h}$. L'air sera diffusé à travers 10 diffuseurs de $5 \text{ m}^3/\text{h}$.

❑ 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 équi-répartition 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 11 : Dimensionnement des filtres

Désignation	Unité	Valeur	Limites
Données de base			
Charge superficielle	$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	5.00	5 - $6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
Charge au lavage à l'eau/air combiné	$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	10.00	6-10 (lavage air/eau)
Charge au lavage à l'eau	$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	30.00	>25 (lavage eau)
Durée de lavage à l'eau	min	10.00	5 - 15 min
Charge de lavage à l'air	$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	60.00	$60-75 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
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	110	
Dimensionnement			
Superficie totale de filtres	m^2	22	
Nombre de filtres	unité	3	
Surface d'un filtre	m^2	7.33	
Largeur	m	2.00	
Longueur	m	4.00	
Débit eau de lavage	m^3/h	240	
Débit d'air de lavage	m^3/h	400	

La superficie de chaque filtre est de 8 m^2 ($4.00 \text{ m} \times 2.00 \text{ m}$). Trois filtres seront nécessaires. Pendant le lavage d'un filtre, la charge superficielle pour les deux filtres restants est $6.88 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ 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 $0,9 \text{ m}$ pour une granulométrie comprise entre $0,90$ et $1,30 \text{ mm}$ et un coefficient d'uniformité de $1,5$. Il sera également prévu une couche de gravier de $0,1 \text{ m}$ et la hauteur d'eau au-dessus du sable sera de $0,8 \text{ m}$. Chaque filtre sera équipé tels 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 bache 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.

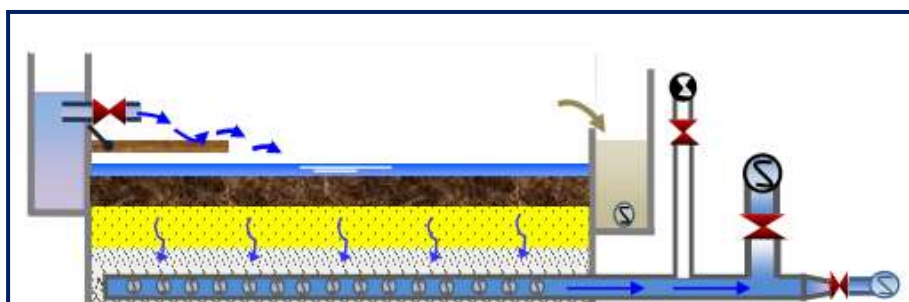


Figure 13 : Représentation schématique d'un filtre à sable

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 m^2 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 supprimeur 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 bêche 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 bâche sera construite dans l'enceinte de la station pour le stockage de l'eau après filtration et désinfection. Cette bâche est conçue pour une autonomie de 1.00 heure soit : $110 \times 1 = 110 \text{ m}^3$.

☐ 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 12 : Dimensionnement des ouvrages et équipements de désinfection

Paramètres	Unité	Valeur
Données de base		
Débit instantané (Q)	m ³ /h	110
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	0.22
Demande en produit commercial	kg/h	0.31
Demande de solution	l/h	20.95
Réservoir et pompes		
Volume minimal du réservoir	m ³	0.46
Volume retenu	l	500
Débit de pompage	l/h	21

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 21 l/h par pompe. L'hypochlorite de sodium sera préparé dans un réservoir en PEHD de volume 500 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.

6.2.2. Option 2 : Eaux de surface à partir du barrage de Djougou

6.2.2.1. Production d'eau brute

Les études hydrologiques sur les retenues de Djougou ont permis de disposer des caractéristiques de la retenue et de son bassin versant. Les débits des bassins versants pour des pluies décennales sont de $5.10 \text{ m}^3/\text{s}$. Ces débits sont largement supérieurs aux prélèvements prévus de Djougou ($90 \text{ m}^3/\text{h}$) et aux besoins estimés de Copargo ($110 \text{ m}^3/\text{h}$). Pendant les saisons des pluies, la retenue sera donc capable de prendre en charge les besoins en eau potable.

Il est cependant nécessaire d'analyser la capacité de stockage nécessaire pour passer la période sèche. L'analyse de la pluviométrie dans la zone montre qu'il ne pleut presque pas pendant les mois de Décembre et Janvier alors que les pluies sont faibles pour les mois de Novembre et février. En considérant pour plus de sécurité une saison sans pluie de 4 mois (entre Novembre et Février de chaque année), il est nécessaire de stocker suffisamment d'eau pour passer cette période sans rupture. Ainsi, pour l'estimation des volumes à stocker, les paramètres suivants seront considérés :

- ◆ Besoin en eau : Débit horaire x 22 heures/j x 30 jours/mois x 4 mois
- ◆ Pertes par infiltration : 5%
- ◆ Pertes par évaporation : une moyenne de 4.5mm/j ou 15%

L'estimation des volumes à stocker et des surfaces correspondantes se présente comme suit :

- ◆ $\text{Volume} = 200 \times 22 \times 30 \times 4 \times 1.20 = 633\,600 \text{ m}^3$;
- ◆ Surface totale : En considérant un tirant d'eau de 3.68 m, la surface nécessaire est de $172\,174 \text{ m}^2$ soit 17.22 ha.
- ◆ La surface actuelle de la retenue est de 15.50 ha. Elle devra être augmentée de 1.72 ha.

Les travaux nécessaires consisteront à

- ◆ Augmenter la surface de la retenue pour atteindre 17.22 ha pour un tirant d'eau de 3.68 m ;
- ◆ Curer la partie existante afin de disposer du tirant d'eau de 3.68 m ;
- ◆ Réaliser une clôture tout au long de la digue pour la protéger contre les animaux errants.

6.2.2.2. Prise d'eau

Pour cette option, une prise simple sera réalisée. La prise sera constituée d'un ouvrage de captage qui sera réalisé sous forme d'une barge flottante. La barge supportera les pompes et permettra d'avoir un calage des crépines optimal en fonction des variations du niveau d'eau.

L'ouvrage de captage sera accessible à partir de la rive de la retenue grâce à une passerelle sous forme de pont métallique qui sera également utilisée pour encren les conduites de refoulement. Les pompes seront de type cales sèche.

6.2.2.3. *Traitement*

☐ **Filière de traitement proposée**

La station de traitement sera de type compacte (préfabriqué) comportera schématiquement les principaux éléments suivants (d'amont en aval) :

- ◆ arrivée d'eau brute ;
- ◆ une station compacte de traitement d'eau potable de capacité nominale 110 m³/h comprenant :
 - un module de décantation avec chambres de coagulation, floculation ;
 - deux modules de filtration ;
 - un module de bassin tampon ;
 - un local technique.
- ◆ un réservoir de stockage d'eau traitée ;
- ◆ un transformateur et un groupe électrogène de secours.

La filière générale de base proposée pour le traitement de l'eau est la suivante, d'amont en aval :

- ◆ injection d'hypochlorite de calcium (en préchloration), de sulfate d'alumine (coagulant), d'un polymère de synthèse (adjuvant de floculation) et de chaux (lait de chaux pour ajustement du pH de coagulation) ;
- ◆ coagulation/floculation, puis clarification de l'eau dans un flocculateur/clarificateur ;
- ◆ stockage intermédiaire de l'eau clarifiée, dans une bache intermédiaire, puis reprise de l'eau clarifiée par groupes électropompes ;
- ◆ filtration de l'eau clarifiée sous pression ;
- ◆ désinfection finale à l'hypochlorite de calcium ;
- ◆ stockage de l'eau filtrée et désinfectée dans un réservoir de stockage ;
- ◆ raccordement de l'eau du réservoir vers le réservoir existant, la neutralisation finale de l'eau étant effectuée par injection d'eau de chaux dans la bache d'eau traitée, après désinfection.

La neutralisation finale de l'eau brute, est prévue par injection d'eau de chaux au niveau des réservoirs d'eau traitée (après l'injection de l'hypochlorite de calcium). Cette disposition permet d'assurer une désinfection finale plus efficace dans les réservoirs de stockage parce que l'eau filtrée l'a été à bas pH.

☐ **Organisation générale de la station de traitement**

La station comprend :

- ◆ une arrivée d'eau brute ;
- ◆ une chambre de coagulation ;

- ◆ une chambre de floculation ;
- ◆ un décanteur de type lamellaire ;
- ◆ Deux filtres à sable disposés parallèlement ;
- ◆ Un local technique ;
- ◆ Un bassin tampon d'eau traitée ;
- ◆ Une bêche à eau connectée à la bêche existante.

☐ **Arrivée eau brute**

L'approvisionnement en eau brute de la station se fait par pompage depuis la prise. Un débitmètre installé à l'arrivée au niveau de la station permettra de mesurer le débit d'arrivée d'eau brute et une vanne de réglage responsable du contrôle du débit d'arrivée à la station.

☐ **Floculateur / coagulateur/décanteur**

Le floculateur/coagulateur/décanteur comporte quatre (04) compartiments :

- ◆ Un compartiment de 0.8 m³ avec injection de d'hypochlorite de calcium provenant du local technique. Il recevra également le sulfate d'alumine et une solution de chaux nécessaire à la floculation. Ce compartiment est équipé d'un agitateur rapide (124 tr/min) permettant le mélange du chlore et du coagulant ;
- ◆ Un compartiment de 10 m³ équipé d'un agitateur lent (26 tr/min) permettant l'homogénéisation de la solution de chlore et de floculant. Ce compartiment est équipé d'une vanne manuelle de vidange ;
- ◆ Une chambre de floculation par décantation lamellaire de 30 m³. Cette chambre est composée d'un bloc lamellaire (lamelles disposées en nid d'abeille) en partie supérieure et d'une zone de soutirage automatique des boues en partie inférieure.
- ◆ Un compartiment de transfert de 6.5 m³ équipé d'une vanne manuelle vidange.

L'ouvrage est équipé de/d' :

- ◆ Une échelle avec passerelle de visite pour contrôle et maintenance ;
- ◆ 12 vannes pour vidange des boues. Ces vannes doivent pouvoir s'ouvrir individuellement et en permutation pendant un temps variable de 1 à 20 secondes, toutes les heures.

L'ensemble est sous forme de conteneur de dimension 12 m de longueur sur 2.40 m de largeur pour une hauteur de 2.50 m. Elle est protégée à l'intérieur par une couche de peinture Époxy alimentaire.

☐ **Poste de filtration**

La station comprend deux filtres à sable d'un volume de 21 m³ chacun. Chaque filtre a une capacité de traitement de 110 m³/h. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

- ◆ Dimensions : 6 m x 2.4 m x 2.5 m (haut) ;
- ◆ Protection intérieure : peinture Époxy alimentaire.

Cette configuration permet l'utilisation d'un filtre en mode filtration et un filtre en mode lavage/rinçage.

Le filtre à sable se présente sous forme de cylindre horizontal de diamètre 2.20 m et de longueur 6 m, positionné de façon horizontale et mis en place dans une structure rigide et parallélépipédique de type container. Un fonctionnement par cycles, soit de filtration, soit de lavage/rinçage (1 en filtration, 1 en lavage) a été retenu.

❑ Local technique

Le local technique abrite les différentes pompes ainsi que les équipements électriques et de commande de la station. Il s'agit d'un conteneur de 40 pieds en deux compartiments. Il comprend les équipements suivants :

➤ Compartiment 1 :

- ◆ **Une unité de chloration** composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1). Le tableau suivant donne le débit des pompes doseuses.

Tableau 13 : Débit des pompes doseuses pour la chloration

Paramètres	Unité	Valeur
Données de base		
Débit journalier (Qd)	m ³ /h	110
Débit instantané (Q)	l/s	30.55
Dosage maximum d'hypochlorite de calcium	g/m ³	7
Concentration de la préparation	kg/m ³	10
Demande en hypochlorite de calcium		
Demande en produit	kg/h	0.77
Demande de solution	l/h	77
Débit de pompage	l/h	80

Sources : CIRA SAS / HORSE, Septembre 2021

- ◆ **Une unité de préparation et d'injection de sulfate d'alumine** composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1).

Le tableau suivant donne le débit des pompes doseuses.

Tableau 14 : Débit des pompes doseuses de sulfate d'alumine

Paramètres	Unité	Valeur
Données de base		
Débit journalier (Qd)	m ³ /h	110
Nombre d'heures de fonctionnement (tf)	h	22
Débit instantané (Q)	l/s	30.55
Dosage maximum de sulfate d'alumine	g/m ³	80
Concentration de la préparation	kg/m ³	250
Demande en sulfate d'alumine		
Demande en produit	kg/h	8.80
Demande de solution	l/h	35.20
Débit de pompage	l/h	36

- ◆ **Une unité de préparation de charbon actif** composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1).

Le tableau suivant donne le débit des pompes doseuses.

Tableau 15 : Débit des pompes doseuses de charbon actif

Paramètres	Unité	Valeur
Données de base		
Débit journalier (Qd)	m ³ /h	110
Nombre d'heures de fonctionnement (tf)	h	22
Débit instantané (Q)	l/s	30.55
Dosage maximum de charbon actif	g/m ³	10
Concentration de la préparation	kg/m ³	10
Demande en charbon actif		
Demande en produit	kg/h	1.1
Demande de solution	l/h	110.00
Débit de pompage	l/h	110

Sources : CIRA SAS / HORSE, Septembre 2021

- ◆ Une unité de préparation et d'injection de lait de chaux composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur, de deux pompes doseuses (1+1) et un saturateur à eau de chaux.

Le tableau suivant donne le débit des pompes doseuses.

Tableau 16 : Débit des pompes doseuses de lait de chaux

Paramètres	Unité	Valeur
Données de base		
Débit journalier (Qd)	m ³ /h	110
Nombre d'heures de fonctionnement (tf)	h	20
Débit instantané (Q)	l/s	30.55
Dosage maximum de lait de chaux	g/m ³	30
Concentration de la préparation	kg/m ³	100
Demande en lait de chaux		
Demande en produit	kg/h	3.30
Demande de solution	l/h	33
Débit de pompage	l/h	33

Sources : CIRA SAS / HORSE, Septembre 2021

- ◆ Un poste de préparation de polymère. Le tableau suivant donne les calculs pour la quantité de polymère.

Tableau 17 : Quantité de polymère

Paramètres	Unité	Valeur
Données de base		
Débit journalier (Qd)	m ³ /h	110
Nombre d'heures de fonctionnement (tf)	h	22
Débit instantané (Q)	l/s	30.55
Dosage maximum de polymère	g/m ³	2
Concentration de la préparation	kg/m ³	1
Demande en polymère		
Demande en produit	kg/h	0.22
Demande de solution	l/h	220.00
Débit de pompage	l/h	220

Sources : CIRA SAS / HORSE, Septembre 2021

➤ **Compartiment 2 :**

- ◆ **Un surpresseur d'air** à utiliser lors de la phase de lavage/rinçage d'un filtre en envoyant de l'air à contre-courant afin d'évacuer les particules retenues par le sable filtrant ;
- ◆ **Des pompes de transfert d'eau décantée vers les filtres qui servent également au lavage des mêmes filtres** : Elles sont au nombre de 4. Elles assurent le transfert des eaux décantées à travers les filtres (deux groupes par filtre dont un groupe en secours). Dans un sens elles permettent d'alimenter les filtres en eau à traiter. Dans l'autre sens, elles permettent le lavage des filtres. Le sens de l'eau est géré par des vannes ;
- ◆ **Armoire électrique de commande** pour l'alimentation générale, la protection et la gestion automatique des différents équipements. L'armoire électrique sera équipée de détecteur d'incendie ;
- ◆ **Une climatisation** adaptée pour les deux compartiments.

□ **Bassin tampon**

Il est prévu un bassin tampon de 50 m³ en PRV. Elle stocke l'eau traitée qui sert également au lavage des filtres. Il est muni d'une vanne flotteur. Il sera asservi à la bache de stockage d'eau traitée par un dispositif électrique (poire de niveau).

□ **Bâche à eau traitée**

Le bassin tampon est connecté à une bache à eau de capacité 220 m³ en PRV soit pour une autonomie de 2 h de fonctionnement de la station.

□ **Lits de séchage des boues**

Deux lits de séchage sont prévus pour recevoir et décanter les boues. L'eau décantée sera ensuite rejetée. Les lits auront les dimensions de **6.00 m x 6.00 m**.

❖ **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. 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.

6.3. COMPARAISON DES OPTIONS

6.3.1. Récapitulatif

Pour la production et le traitement des eaux, deux options sont proposées :

- ◆ **Option 1** : Eaux souterraines avec forages au niveau de Copargo ;
- ◆ **Option 2** : Eaux de surface du barrage de Djougou et traitement complet avec une station de traitement de type compacte.

6.3.2. Option 1 : Eaux souterraines avec forages de faible capacité

Pour cette option :

- ◆ 18 nouveaux forages seront réalisés ;
- ◆ Une station de traitement de capacité 110 m³/h sera réalisée.

6.3.3. Option 2 : Eaux de surface à partir du barrage de Djougou

Pour cette option, les eaux de surface sont considérées du fait des faibles capacités de la nappe et donc du nombre important de forages nécessaires. Une prise d'eau est construite à proximité de la prise existante sur le barrage de Djougou. Les eaux brutes sont traitées au niveau d'une station de traitement de type compacte de capacité 110 m³/h à construire à Djougou à côté de celle existante.

La variante 2 comprendra :

- ◆ **Prise d'eau** : Chaque filière comprendra une prise sous forme d'une structure métallique sur poteaux métalliques équipée de deux pompes immergées de capacité 110 m³/h dont une de secours ;
- ◆ **Refoulement d'eau brute** : Pour garantir une vitesse comprise entre 1.50 m/s et 2.00 m/s, le refoulement sera de diamètre 315 mm en PEHD PN 16.
- ◆ **Traitement** :
 - 01 flocculateur/coagulateur/ sous forme de conteneur de dimension 12 m de longueur sur 2.40 m de largeur pour une hauteur de 2.50m. Il est subdivisé en quatre compartiments :
 - Un compartiment de 0.8 m³ ;
 - Un compartiment de 10 m³ ;
 - Une chambre de floculation par décantation lamellaire de 30 m³ ;
 - Un compartiment de transfert de 6,5 m³ équipé d'une vanne manuelle vidange.
 - 01 poste de filtration : deux (02) filtres à sable d'un volume de 21 m³ chacun ;
 - 01 local technique : conteneur de 40 pieds en deux compartiments.
 - Compartiment 1 : il abrite les unités de chloration, de préparation et d'injection de sulfate d'alumine, de préparation de charbon actif et de préparation et d'injection de lait de chaux ;
 - Compartiment 2 : Un surpresseur d'air, les pompes de transfert d'eau décantée vers les filtres, l'armoire électrique de commande.
- ◆ 01 bassin tampon : 50 m³ en PRV ;
- ◆ 01 bache à eau de capacité 220 m³ en PRV ;
- ◆ 02 Lits de séchage des boues de 5.00 m x 5.00 m.
- ◆ Une station d'eau traitée vers Copargo de capacité 110 m³/h sur une distance de 23 km.

6.4. COMPARAISON ET PROPOSITION D'UNE OPTION

6.4.1. Définition des critères de comparaison

Pour la comparaison des options, des critères sont définis. Les différents critères sont d'ordre technique et économique. Ils sont indiqués ci-dessous :

- ◆ **Niveau de sécurisation de l'alimentation en eau potable** : Ce critère indique la capacité de l'option proposée à garantir une sécurisation de l'alimentation en eau potable de la ville pour chaque horizon ;
- ◆ **Investissement** : prend en compte les coûts d'investissement des ouvrages ;
- ◆ **Charges d'exploitation** : fait référence aux coûts d'entretien et d'exploitation des ouvrages proposés.

6.4.2. Analyse des options par rapport aux critères

6.4.2.1. Niveau de sécurisation de l'alimentation en eau potable

Le forage existant n'arrive plus à fournir de l'eau en continue après 34 années de fonctionnement. Il est donc probable que les nouveaux forages à réaliser pour l'option subissent le même sort après quelques années d'exploitation. De ce point de vue, l'option 2, qui exploite des eaux de surface donne plus de garantie pour une alimentation en eau sécurisée de la ville dans le long terme. En effet, le barrage de Djougou dispose d'un bassin versant suffisamment grand pour supporter les prises d'eau existants (pour l'alimentation en eau de la ville de Djougou) et la nouvelle prise prévue.

Cependant, l'option 2 nécessite un refoulement sur 23 km pour atteindre la ville de Copargo. Il existe donc des risques importants de rupture de conduites qui peuvent être à l'origine de rupture passagère d'alimentation en eau potable pour cette option.

6.4.2.2. Coûts d'investissement

Pour l'analyse de ce critère, les coûts d'investissements de chaque option sont estimés. L'estimation des coûts d'investissement est faite sur la base de ratio issus de projets similaires étudiés ou exécutés. Les tableaux suivants donnent les coûts synthétiques des deux variantes de traitement étudiées.

Tableau 18 : Coûts estimatifs des trois variantes de traitement

Désignation	Montant total (FCFA)
Option 1 : Eaux souterraines avec forages	
A Forages et refoulement eau brute	846 000 000
B Traitement	140 000 000
B Refoulement eau traitée	56 000 000
Total option 1	1 042 000 000
Option 2 : Eaux de surface	
A Prise et refoulement eau brutes	82 000 000
B Traitement	700 000 000
C Station de pompage d'eau traitée	740 000 000
Total option 2	1 522 000 000

De l'analyse de ce tableau, il ressort que la différence dans les coûts d'investissement est très importante entre les options 1 et 2. Cette différence relativement importante s'explique essentiellement par le refoulement d'eau traitée sur 23 km pour l'option 2.

6.4.2.3. Coûts récurrents ou d'exploitation

Les charges d'exploitation sont constituées de l'ensemble des postes de dépenses suivantes nécessaires au fonctionnement des ouvrages pour chaque variante :

- ◆ **Charges de personnel** : salaires du personnel nécessaire pour l'exploitation des ouvrages pour chaque option. De ce point de vue, l'option 2 est moins intéressante car nécessite un personnel plus important. Cependant, étant donné que la station compacte prévue sera installée sur le même site que les stations de Djougou, un personnel supplémentaire peut ne pas être nécessaire. En prenant en compte cet aspect, l'option 1 nécessitera des coûts d'exploitation liées au personnel plus importants ;
- ◆ **Charges d'entretien et de maintenance** : Il s'agit des coûts de maintenance et d'entretien des ouvrages et équipements de chaque option. L'option 2 consistant à traiter des eaux de surfaces nécessitera plus de réactifs et un entretien des équipements plus récurrents.

Globalement les coûts d'exploitations de l'option 2 sont plus élevés. La différence proviendra essentiellement des coûts d'électricité. Ces coûts d'électricité seront assez importants, la distance de pompage (23 km) étant très grande.

6.4.2.4. Récapitulatif

En prenant en compte les critères définis plus haut, le tableau suivant donne un récapitulatif des avantages et inconvénients pour chaque option.

Tableau 19 : Avantages et inconvénients des options de production et de traitement

Options	Avantages	Inconvénients
Option 1	Assez simple à mettre en œuvre (forages + traitement simple) : Permet de sécuriser l'alimentation en eau de la ville avec des forages productifs Coûts d'investissement plus bas Coûts d'exploitation plus bas	Beaucoup trop de forages à gérer dans la ville du fait de la faiblesse de la capacité de la nappe (forages à gérer). Risque de baisse de la nappe dans le long terme.
Option 2	Permet de sécuriser l'alimentation avec une eau de surface dans une zone pluvieuse	Coûts d'exploitation et surtout d'investissement très élevés.

6.4.3. Proposition d'une option de traitement à retenir

Le tableau suivant donne une notation comparative des différentes options sur la base des critères définis plus haut. Les notes s'échelonnent de 1 (option présentant les pires atouts pour le critère) à (option présentant les meilleurs atouts pour le critère).

Par ailleurs, les critères définis et sur la base desquels la notation est effectuée ne sont pas d'égale importance. Pour prendre en compte cet aspect dans les notations, une pondération est donnée. Les coefficients de pondération vont de 3 (critère le plus important) à 1 (critère dont l'impact est le plus faible ou peut être facilement mitigé). Le critère le plus important est celui lié au niveau de sécurisation de la production d'eau traitée. Il lui est appliqué une pondération de 3. Ensuite viennent dans l'ordre les coûts d'exploitation et les coûts d'investissement. À noter cependant que la faible pondération des coûts d'investissement ne signifie pas que ce critère n'est pas important dans l'absolue. Cette relative faible pondération est due au fait que les coûts d'investissement sont ponctuels alors que les coûts d'exploitation sont récurrents.

Tableau 20 : Comparaison des variantes de production d'eau brute et de traitement

Critères	Coefficient de pondération	Notation	
		Option 1	Option 2
Niveau de sécurisation de la production d'eau traitée	3	3	6
Coût Investissement	1	2	1
Charges d'exploitation	2	4	2
Total		9	9

Les notations données indiquent que les deux options se valent sensiblement. Cependant, étant donné la faiblesse des capacités des forages au niveau de Copargo et le risque de baisse voire d'assèchement de la nappe, l'option 2 donnant plus de sécurité pour l'alimentation en eau de la ville sur le moyen et long terme est proposé.

6.5. PROPOSITION D'EXTENSION ET DE RESTRUCURATION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION

6.5.1. Zones d'extension du réseau de distribution

Le réseau de distribution existant de la ville de Copargo est très sommaire. Il est composé juste de deux tronçons. Un tronçon qui va du château d'eau au dispensaire et un autre tronçon qui va du château d'eau à la mairie. Les extensions prévues sont donc en réalité, la réalisation d'un réseau neuf. Il devra également couvrir la localité de Pabégou qui est actuellement dépourvu de réseau d'alimentation en eau potable.

6.5.2. Topographie de la ville

La mission topographique est en cours de préparation et sera dirigée par un ingénieur topographe accompagné par des brigades topographiques. La campagne de levés topographiques concerne le site de captage, de traitement, de stockage et les zones d'extension du réseau de distribution. Elle s'articule autour de la méthodologie suivante :

- ◆ **Le rattachement** : Les travaux commencent par un rattachement des bornes d'appui au système de nivellement général du Bénin ayant des altitudes IGN. Le rattachement se fait par un cheminement de la borne IGN à une borne d'appui sur le site à lever en créant des stations intermédiaires pour arriver sur site avec une bonne précision.

- ◆ **La mise en place d'une polygonale de base** : Des bornes d'appui sont créées dans la ville pour constituer la polygonale qui servira à faire les futurs travaux d'extension.
- ◆ **Les levés d'ensemble avec un GPS différentiel** : Les levés commencent par un état des lieux de tout ce qui se trouve sur le site. Ensuite un levé des points TN (terrain naturel) est fait pour mieux traduire le relief afin de permettre au concepteur de faire son projet sans grande difficulté. Concernant les levés pour le réseau existant, un membre de l'antenne locale du Maître d'ouvrage accompagne l'équipe topographique pour leur permettre d'identifier l'itinéraire des conduites nouvellement posées.

Le GPS travaille en mode RTK ; les données brutes seront transmises par la Base au Mobile à travers une fréquence radio et permet de faire les corrections pour avoir une précision centimétrique. Le topographe, par un paramétrage dans un carnet de terrain programme de sorte que si la précision dépasse 3 cm, le carnet ne puisse pas prendre de point. Pour aussi avoir de bonne précision, un bon emplacement est choisi pour la station de préférence, un endroit qui surplombe le site à lever et ne pas dépasser la portée (distance maximum entre la base et le mobile pour avoir le signal). Avec ces éléments pris en considération, nous obtenons des précisions centimétriques de moins de 3 cm en altimétrie, moins de 2 cm en planimétrie pour les bornes et moins de 5 cm pour les autres points TN et détails.

Les résultats de la campagne topographiques seront exploités dans la phase APD.

Pour les besoins des études d'Avant-Projet Sommaire, 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 **Copargo**.

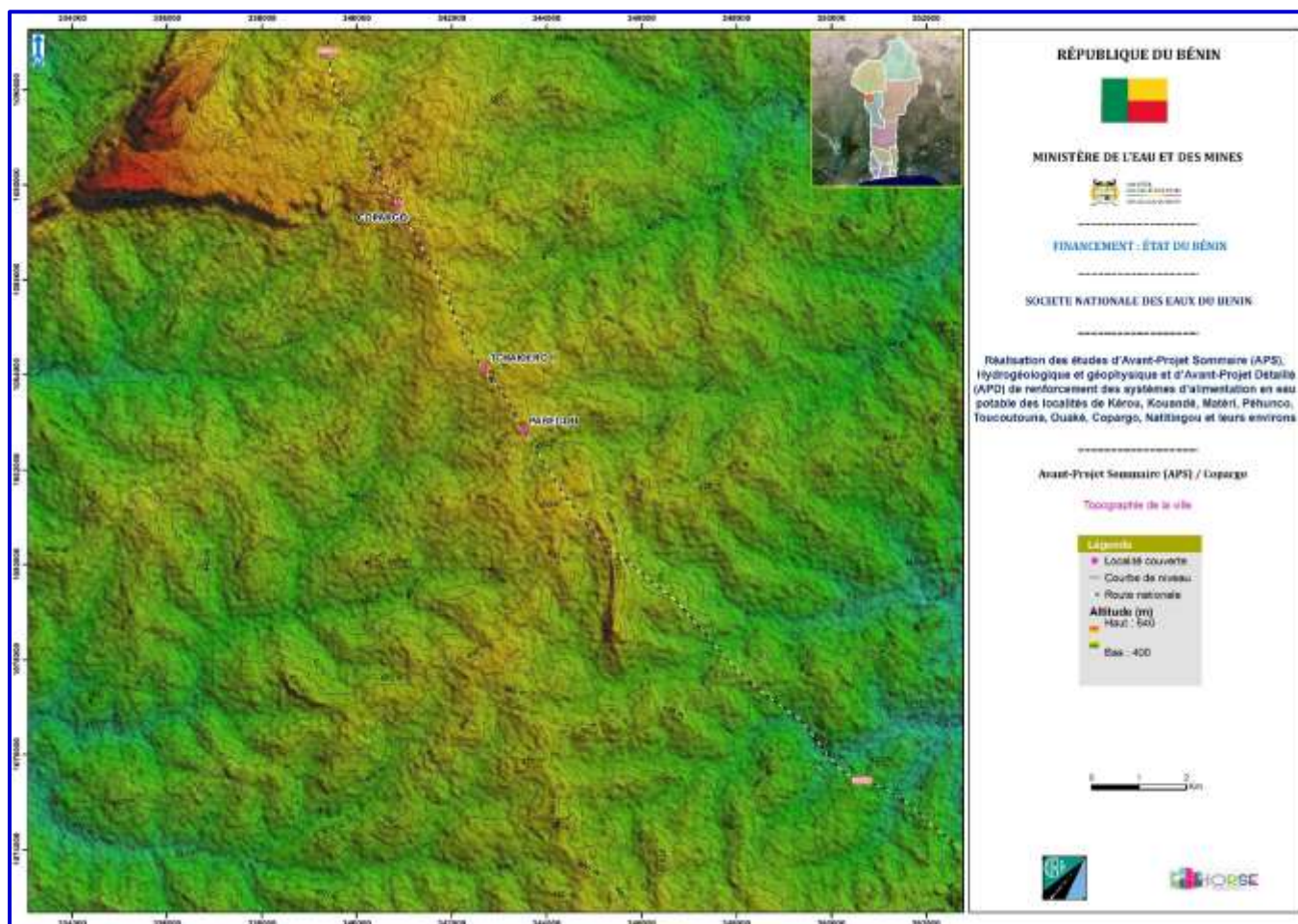


Figure 14 : Carte topographique de la ville de Copargo

Sources : CIRA SAS / HORSE, Septembre 2021

6.5.3. Configuration proposée

Le château d'eau actuel se situe sur une position idéale : au centre de la ville et dans une zone haute. Il a un volume de 15 m^3 sur 15 m de hauteur. Ce volume représente 1% des besoins journaliers de 2035.

Pour prendre en compte les besoins de 2035 et respecter un pourcentage de stockage de 20%, un nouveau château de 400 m^3 est proposé. A noter qu'en deçà de ce volume du château d'eau, le système de fonctionnement de manière adéquate. En effet, des ruptures d'approvisionnement sont notées pendant les pics de consommation.

À partir de ce château, des conduites principales sont prévues au niveau des grands axes de la ville et vers Pabégou.

Bien que le refoulement d'eau traitée par Pabégou avant d'atteindre Copargo, il ne sera pas prévu de piquage direct sur cette conduite. Une conduite gravitaire permettra ainsi d'alimenter cette localité à partir du château d'eau.

En effet, la distribution directe à partir du refoulement pose de sérieux problèmes notamment :

- ◆ la non maîtrise du fonctionnement des pompes en particulier le nombre de déclenchements par heure ;
- ◆ la rupture de distribution de l'eau en cas de problème sur le refoulement ;
- ◆ la modification du point de fonctionnement des pompes au fur et à mesure que des branchements seront effectués sur les conduites de refoulement du fait des pertes de charges singulières ainsi générées ;
- ◆ Des risques de pénurie d'eau au niveau des zones les plus hautes pendant les périodes de fortes consommations.

6.5.4. Composition du système d'alimentation en eau potable

Le système d'alimentation en eau potable comprendra

- ◆ Une prise de production d'eau brute avec une station de pompage munie de 02 pompes en x (1+1) de 110 m³/h ;
- ◆ Une conduite de refoulement d'eau brute en PEHD DE 315mm PN 16 ;
- ◆ Une station de traitement d'eau placée à proximité de la prise de capacité 110 m³/h ;
- ◆ Une station de pompage d'eau traitée vers le château d'eau principal : 2 pompes de capacité 100 m³/h en configuration 1+1 ;
- ◆ Un refoulement d'eau traitée sur une distance de 23 km en PEHD DE 315 mm DN 16 ;
- ◆ Un château d'eau de 400 m³ sur 20 m de hauteur sous-radier ;
- ◆ Un réseau de distribution à partir du château d'eau y compris pour Pabégou.

La figure suivante présente la configuration du réseau de distribution proposée.

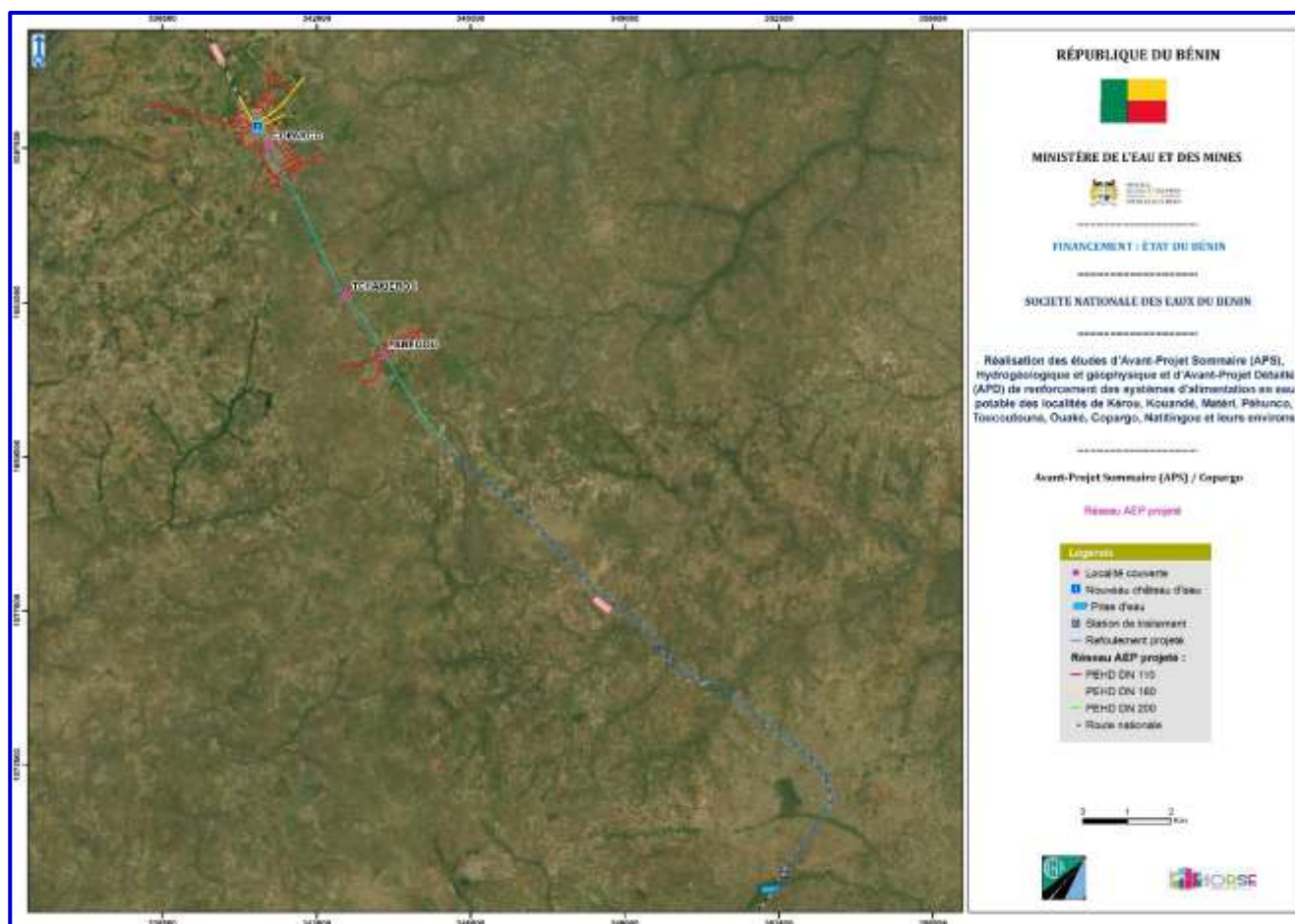


Figure 15 : Configuration du réseau d'AEP projeté de la ville de Copargo

Sources : CIRA / HORSE Septembre 2021

6.5.5. Modélisation du fonctionnement du système

6.5.5.1. Principe

Pour l'étude du fonctionnement de l'extension et de la restructuration du réseau d'alimentation en eau potable de la ville, 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 :

- ◆ La station de traitement est modélisée comme une bache de capacité 110 m³/h ;
- ◆ 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.

6.5.5.2. Fonctionnement global du réseau

❑ Conduite de refoulement d'eau brute

La conduite de refoulement sera en PEHD 315 mm PN 16 pour une longueur totale de 22 723 ml. Le fait que la conduite soit en PN 16 au lieu de PN comme pour les conduites de distributions se justifie par le fait que les pressions sont par endroit, sur les refoulements, de l'ordre de 15 bars pendant les heures de pompage.

❑ Balance en eau globale

La figure suivante donne la balance en eau globale du système d'alimentation en eau potable sur 72 heures.

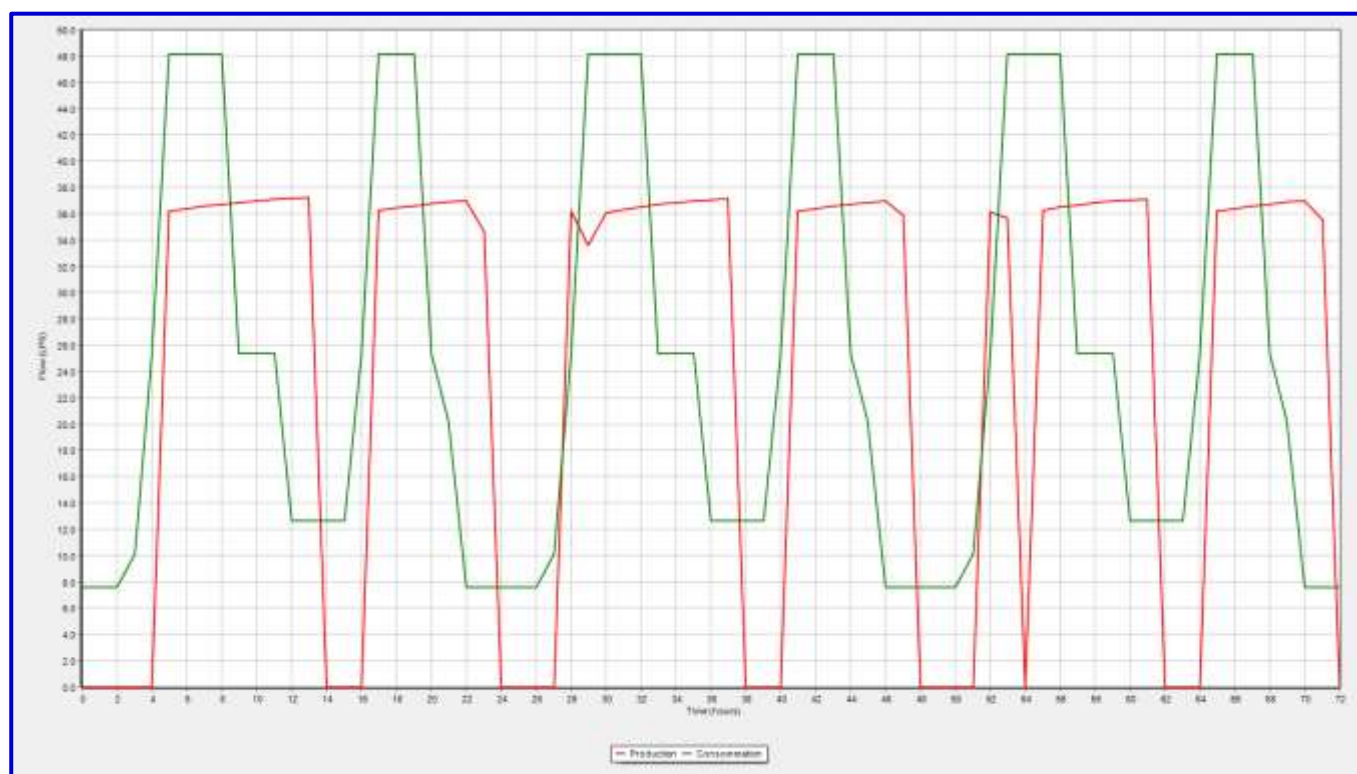


Figure 16 : Balance en eau du système

En 2035, sur 24 heures, la station de pompage d'eau traitée ainsi que les forages fonctionneront en cumulé 20 heures par jour pour satisfaire les besoins en eau potable pour un débit maximal de 37l/s en moyenne.

❑ Variation du niveau de l'eau dans le château d'eau

Le fonctionnement des forages est asservi au niveau d'eau dans le château d'eau entre un maximum de 4.60 m et un minimum de 1.50. Sur 72 heures, le niveau de l'eau dans ce château d'eau varie sept fois entre ces deux extrêmes. Cet asservissement permet de réguler le fonctionnement des pompes des forages en leur permettant de s'arrêter pendant que la distribution se fait à partir du château d'eau.

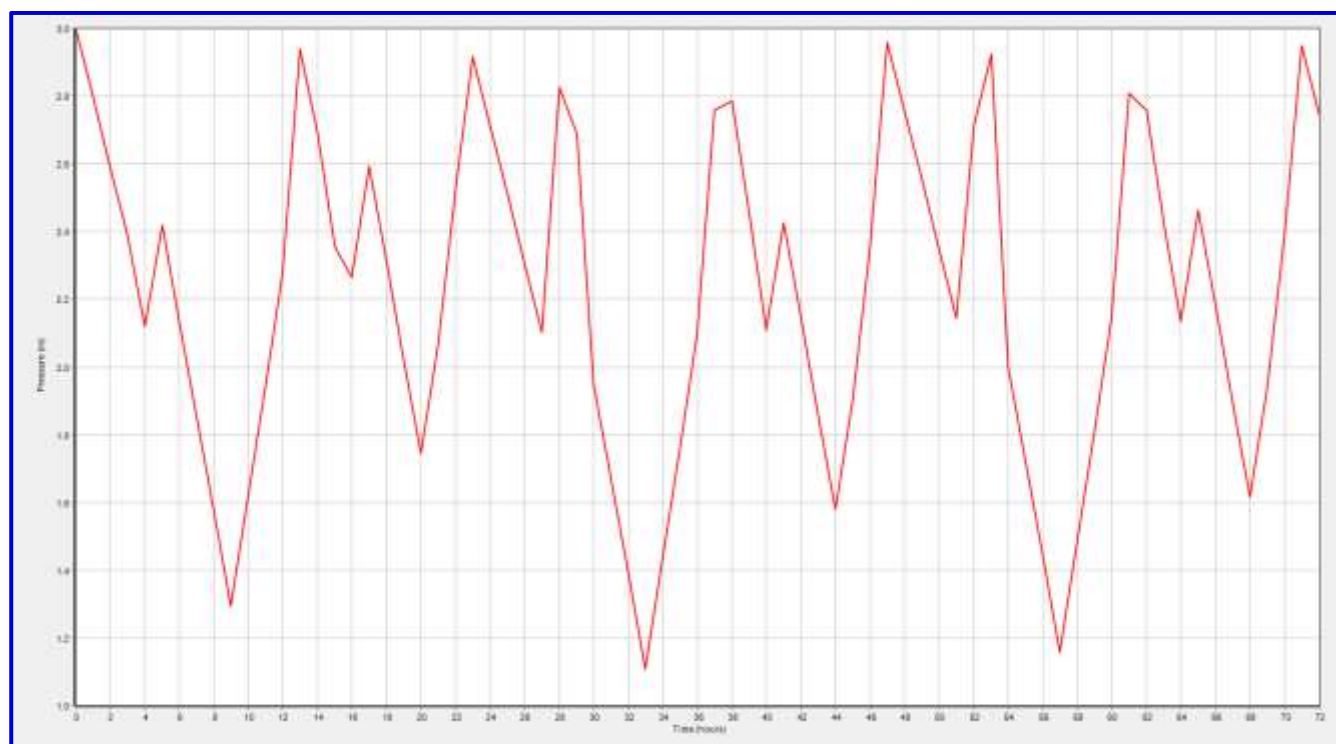


Figure 17 : Variation du niveau d'eau dans le château d'eau

6.5.6. Variation des pressions sur le réseau

La variation des pressions sur les différents nœuds sera comprise entre un maximum de 6.68 bar noté pendant les périodes de faibles consommations et un minimum de 1.60 bar noté pendant les périodes de forte consommation.

6.5.7. Réseau primaire de distribution

Le tableau suivant donne les diamètres du réseau primaire permettant le fonctionnement du système d'alimentation en eau potable tel qu'indiqué dans la modélisation.

Tableau 21 : Récapitulatif des extensions de conduites primaires

Désignation	Quantité (ml)
PVC DE 200 mm PN 10	8 293
PVC DE 160 mm PN 10	4 902
PVC DE 110 mm PN 16	19 373
Total	32 568

6.5.8. Réseaux secondaires et tertiaires

Les conduites de distribution secondaires de diamètres supérieurs ou égaux à 110 mm sont tracées sur les modèles et les plans annexés et leur linéaire déterminé directement.

En ce qui concerne les conduites secondaires et tertiaires de diamètres 90 mm et 75mm, 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 700 ha, le linéaire total de canalisations secondaires et tertiaires est de 84 000 ml réparti comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 22 : Récapitulatif des extensions de conduites secondaires et tertiaires

Désignation	Quantité (ml)
PVC DE 90 PN 10	25 200
PVC DE 75 PN 10	58 800
TOTAL	84 000

Les linéaires seront ajustés au stade des APD.

6.6. SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE PROPOSÉ

6.6.1. Production d'eau brute

La production d'eau brute sera assurée en eau de surface à partir de la retenue de Djougou. Comme indiqué dans les paragraphes relatifs aux aspects hydrologiques, des travaux de réhabilitation et d'agrandissement de retenue seront nécessaires. Ces travaux consisteront à :

- ◆ Agrandir la retenue pour lui permettre d'avoir une capacité de stockage permettant de passer 4 mois sans pluies (novembre à Février) et en prenant en compte des pertes d'infiltration et d'évaporation de 20%. La capacité de stockage devra donc être de 633 600 m³. Pour une hauteur d'eau de 3.68 m en moyenne, la surface de stockage nécessaire sera de 17.22 ha. La surface actuelle de la retenue est de 15.50 ha. Il sera donc nécessaire d'ajouter une surface totale de 1.72 ha;
- ◆ Réaliser une clôture tout au long de la digue pour la protéger contre les animaux errants.

6.6.2. Traitement

Le traitement des eaux se fera au niveau de nouvelles stations de traitement de type compact. Pour plus de simplicité dans l'exploitation, les stations seront construites à proximité de la station existante.

La figure suivante présente les étapes de traitement.

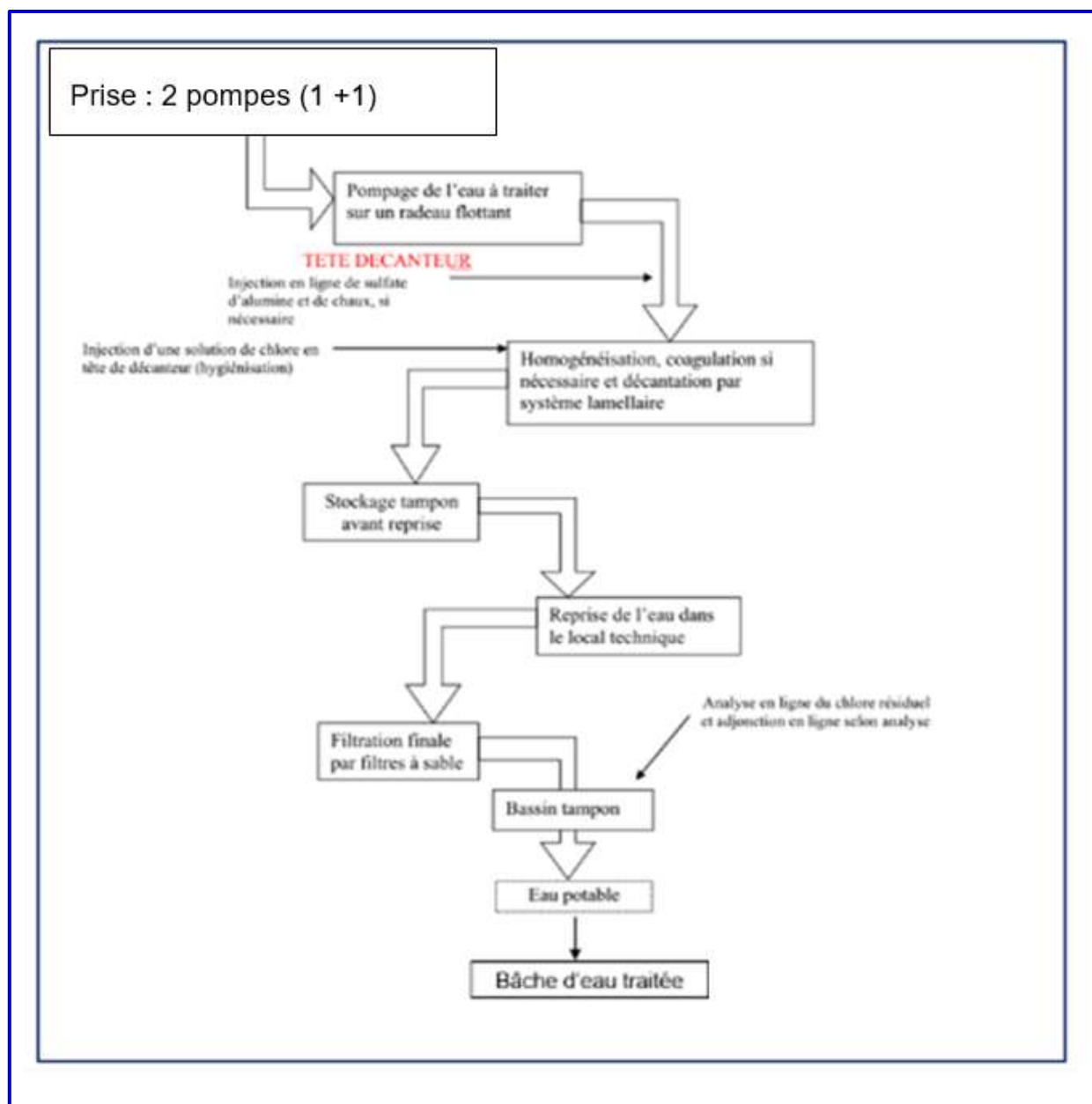


Figure 18 : Synoptique station de traitement

La capacité de traitement sera de **110 m³/h**. La station sera alimentée en électricité à partir du réseau de la SBEE avec un groupe électrogène de secours. Le piquage se fera à partir de la ligne MT de situé non loin de la station existante.

La carte suivante présente le tracé de la conduite de refoulement d'eau traitée. La position exacte de la station de traitement sera définie en relation avec la SONEB au stade des Avant-Projet Détaillées.

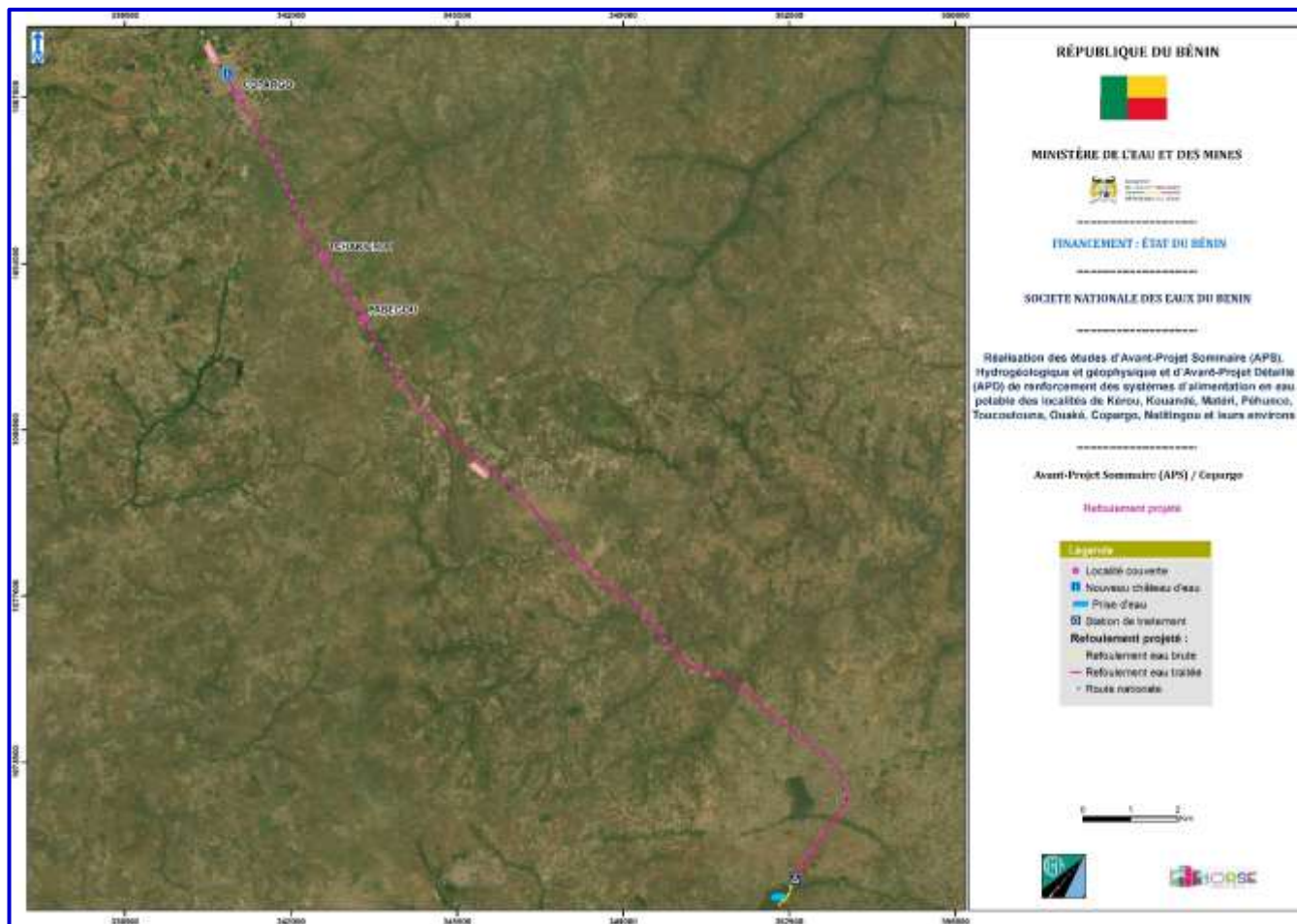


Figure 19 : Indication du tracé du refoulement d'eau traitée

6.6.3. Stockage

Le stockage de l'eau traitée, outre la bache à eau traitée qui se trouve dans l'enceinte de la station comprendra un nouveau château de 400 m^3 sur 20 m sur le site du château d'eau actuel de Copargo.

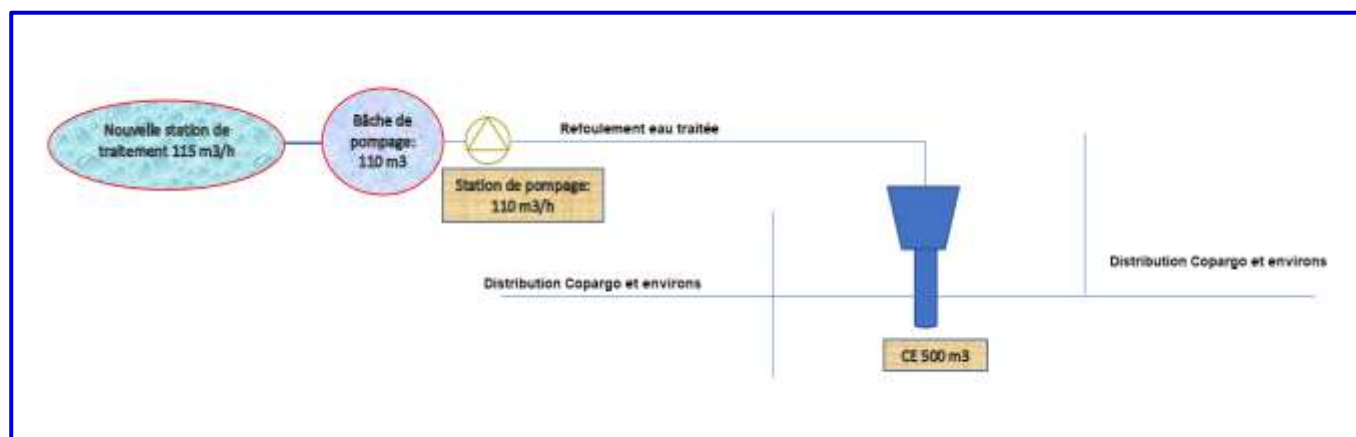


Figure 20 : Illustration de la configuration du réseau de distribution pour Copargo

6.6.4. Distribution

Le réseau de distribution comprend :

- ◆ Le réseau principal de distribution PEHD PN 10 : 32 568 ml
 - 8 293 ml DE 200 mm ;
 - 4 902 ml DE 160 mm ;
 - 19 373 ml DE 110 mm ;
- ◆ 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 700 ha, le linéaire total de canalisations secondaires et tertiaires est de 84 000 ml réparti comme suit :
 - 25 200 ml DE 90 mm ;
 - 58 800 ml DE 75 ml.

Les linéaires seront ajustés au stade des APD. La carte suivante donne le tracé des conduites principales de distribution. Les détails sont fournis en annexes.

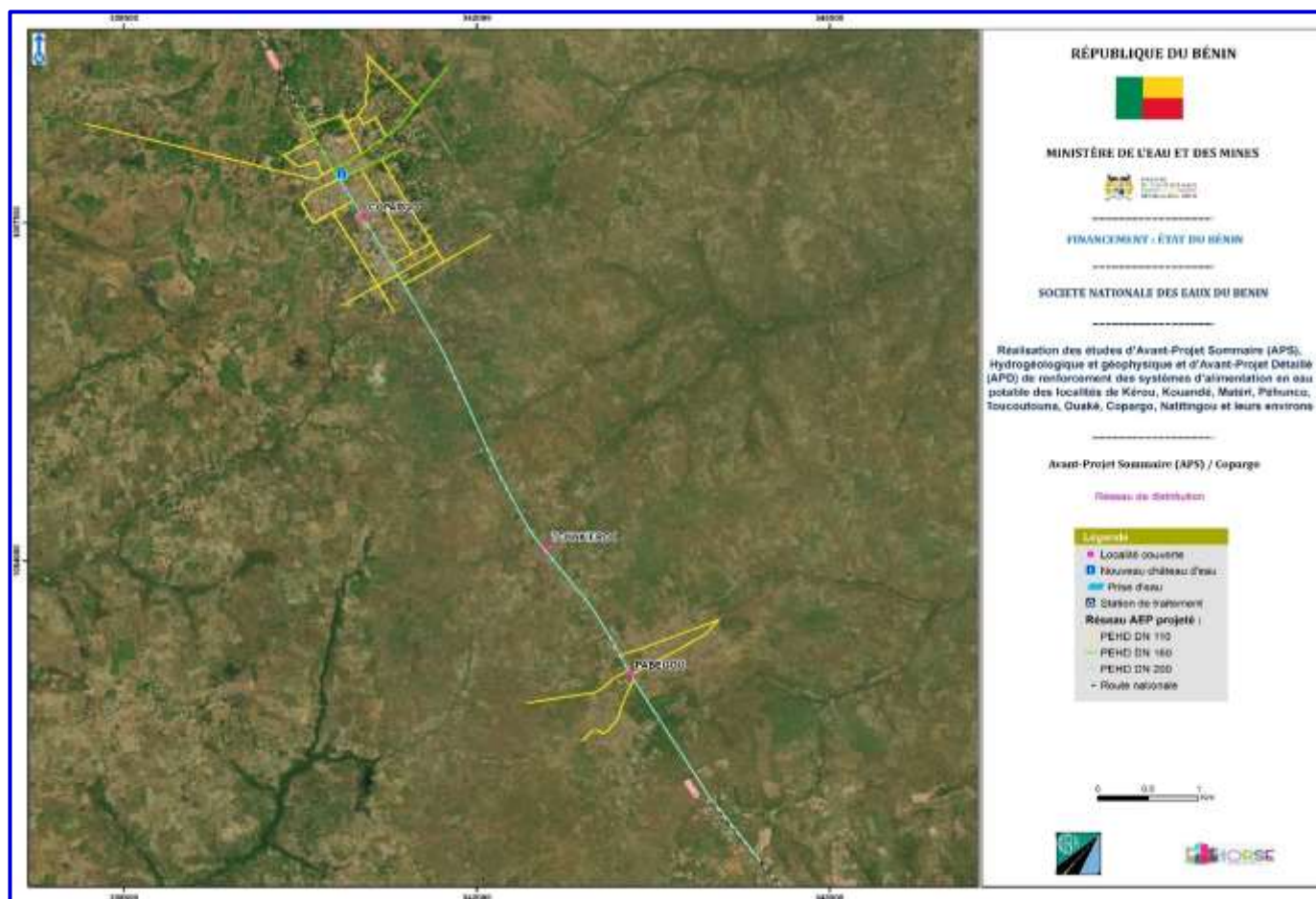


Figure 21 : Réseau principal de distribution

6.6.5. 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 (prise, station de traitement, châteaux d'eau).

À 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 de la prise ;
- ◆ 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 à la prise ;
- ◆ 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 événements ;
- ◆ 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 de la prise**

La prise 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 de la prise.

Par soucis d'économie, les signaux issus des radios modem de la prise 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 de la prise tandis qu'un ou des radios modem de grande puissance (5 watts) seront dédiés à la centralisation des données de la prise et à leur transmission (longue distance) au site de supervision.

Au niveau de la prise 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;
- ◆ Le défaut thermique de la pompe ;
- ◆ Le défaut du variateur ou du démarreur qui pilote la pompe ;
- ◆ Le niveau bas ;
- ◆ Le débit bas;
- ◆ 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.

❑ 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 (prise 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 de la prise et il devrait être possible d'étendre les informations télégerables 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 mâts ou pylônes 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 continu de niveau d'eau devront être installés sur la prise 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).

6.6.6. 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 Copargo les éléments récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 23 : Récapitulatif du système d'AEP proposé

Désignations	Infrastructures
Production d'eau brute	Prise sur la retenue de Djougou : de 110 m³/h (2 pompes de 110 m³/h en 1 +1 pour un refoulement en PEHD DE 315 mm PN 16. Le captage sera réalisé sous forme d'une barge flottante qui supportera les pompes et permettra d'avoir un calage des crépines optimal en fonction des variations du niveau d'eau et accessible à partir de la rive de la retenue grâce à une passerelle sous forme de pont métallique qui sera également utilisée pour ancrer les conduites de refoulement. Refoulement en PEHD DE 315 mm PN 16 sur 716 ml
Traitement et refoulement eau traitée	Une station compacte de capacité 110 m³/h ☐ Floculateur/coagulateur/ Décanteur 14. Un compartiment de 0.8 m³ avec injection de d'hypochlorite de calcium 15. Un compartiment de 10 m³ équipé d'un agitateur lent 16. Une chambre de floculation par décantation lamellaire de 30 m³. 17. Un compartiment de transfert de 6,5 m³ équipé d'une vanne manuelle vidange. ☐ Poste de filtration : deux filtres à sable d'un volume de 21 m³ chacun ☐ Local technique : Un conteneur de 40 pieds en deux compartiments comprenant ➤ Compartiment 1 : 18. Une unité de chloration composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1) ; 19. Une unité de préparation et d'injection de sulfate d'alumine composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1) ; 20. Une unité de préparation de charbon actif composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1) ; 21. Une unité de préparation et d'injection de lait de chaux composée d'une cuve de 3 000 litres, d'un agitateur et de deux pompes doseuses (1+1) et un saturateur à eau de chaux 22. Un poste de préparation de polymère ➤ Compartiment 2 23. Un surpresseur d'air à utiliser lors de la phase de lavage/rinçage d'un filtre en envoyant de l'air à contre-courant afin d'évacuer les particules retenues par le sable filtrant ; 24. Des pompes de transfert d'eau décantée vers les filtres qui servent également au lavage des mêmes filtres : Elles sont au nombre de 4. Elles assurent le transfert des eaux décantées à travers les filtres (deux groupes par filtre, dont un groupe en secours). Dans un sens elles permettent d'alimenter les filtres en eau à traiter. Dans l'autre sens, elles permettent le lavage des filtres. Le sens de l'eau est géré par des vannes ; 25. Armoire électrique de commande pour l'alimentation générale, la protection et la gestion automatique des différents équipements. L'armoire électrique sera équipée de détecteur d'incendie. 26. Une climatisation adaptée pour les deux compartiments. ☐ Bassin tampon de 50 m³ en PRV. ☐ Bâche à eau de 220 m³ en PRV. ❖ Lits de séchage des boues : deux lits de section rectangulaire 5.00 m x 5.00 m chacun.
Station de pompage eau traitée	♣ Pompes : 02 pompes de 110 m³/h HMT : 204 m ♣ Refoulement : PEHD DE 315 mm PN 16 sur 22 723 ml
Stockage	Un nouveau château d'eau de 400 m ³ construit sur le site de l'ancien château d'eau.
Réseau de distribution	Un nouveau réseau à tracer, l'ancien étant très sommaire. ♣ Réseau primaire de 32 568 ml ➤ DE 200 mm : 8 293 ml ➤ DE 160 mm : 4 902 ml ➤ DE 110 mm : 19 373 ml ♣ Réseau secondaire et tertiaire de 84 000 ml ➤ DE 90 mm : 25 200 ml ➤ DE 75 mm : 58 800 ml

6.6.7. Estimation sommaire des coûts et phasage

6.6.7.1. 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 24 : Estimation sommaire des coûts totaux

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Montant total (FCFA)
A	Production d'eau brute				
A.1	Nettoyage, clôture et agrandissement de la retenue	ff	1	100 000 000	100 000 000
A.2	Ouvrages de prise	unité	1	15 000 000	15 000 000
A.3	Fourniture et pose d'une pompe de débit 110 m³/h et HMT = 20 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	unité	2	7 500 000	15 000 000
A.4	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 315 mm PN 16 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	716	66 800	47 828 800
A.5	Équipements électriques et de commande	unité	1	30 000 000	30 000 000
Total production d'eau brute					207 828 800
B	Traitement				
B.1	Terrassement et génie civil	ff	1	30 000 000	30 000 000
B.2	Fourniture et pose d'un conteneur 40 pieds compartimenté pour floculation et décantation	unité	1	29 800 000	29 800 000
B.3	Fourniture et pose d'équipement du compartiment coagulation/floculation	ens	1	8 250 000	8 250 000
B.4	Fourniture et pose d'équipement pour le décanteur lamellaire	ens	1	22 110 000	22 110 000
B.5	Fourniture et pose d'équipement pour la préparation et le dosage de coagulant, chloration et neutralisation	ens	1	20 790 000	20 790 000
B.6	Fourniture et pose d'équipement pour la préparation et le dosage de floculant et de charbon actif	ens	1	7 810 000	7 810 000
B.7	Fourniture et pose de filtre à sable de 100 m³/h avec accessoires	unité	2	32 500 000	65 000 000
B.8	Fourniture et pose d'équipements pour les filtres à sable (01 supprimeur d'air, 04 pompes de lavages, jouant également le rôle de transfert d'eau décantée vers les filtres y compris leurs accessoires)	ens	1	18 865 000	18 865 000
B.9	Armoire de commande et protection des moteurs	unité	1	34 028 800	34 028 800
B.10	Fourniture et pose d'un bassin tampon de 50 m³ en PRV	unité	1	11 500 000	11 500 000
B.11	Local de commande sous forme de container de 40 pieds neuf en deux compartiments y compris climatisation	unité	1	16 800 000	16 800 000
B.12	Fourniture et pose d'un bassin d'eau traité de 220 m³ en PRV y compris raccordement au réservoir existant avec dispositif de pompage et conduite en PEHD DN 150 mm	unité	1	28 000 000	28 000 000
B.13	Alimentation en électricité et commande	ens	1	12 500 000	12 500 000
B.14	Fourniture et pose d'un réseau de canalisation en PEHD	ens	1	8 580 000	8 580 000

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Montant total (FCFA)
B.15	Fourniture et pose d'équipements de mesure et de régulation (débit, pression, chlore, PH, turbidité, niveau d'eau etc.)	ens	1	13 800 000	13 800 000
Total traitement					327 833 800
C	Station de pompage eau traitée				
C.1	Réservoir semi entrée d'eau traitée	m3	220	95 000	20 900 000
C.2	Fourniture et pose d'une pompe de débit 110 m³/h et HMT = 204 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	unité	2	45 000 000	90 000 000
C.3	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 315 mm PN 16 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	unité	22 723	66 800	1 517 896 400
C.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 70 KVA y compris cuve à gazoil	forfait	1	46 000 000	46 000 000
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					1 682 296 400
C	Réseau de distribution et château d'eau				
C.1	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 200 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	8 293	31 000	257 083 000
C.1	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	4 902	29 000	142 158 000
C.2	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 110 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	19 373	25 000	484 325 000
C.3	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 90 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	25 200	23 000	579 600 000
C.4	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 75 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	ml	58 800	20 000	1 176 000 000
C.6	Construction et équipement d'un Château d'eau de capacité 400 m³/20 m	Unité	1	470 000 000	470 000 000
Total Réseau de distribution et château d'eau					3 109 166 000
Divers et imprévus (15%)					799 068 750
Total général					6 126 193 750

Le coût total de la proposition est donc de **6 126.194 millions de FCFA** réparti comme suit :

- ◆ Production d'eau brute : **207.829 millions ;**
- ◆ Traitement : **327.834 millions ;**
- ◆ Station de pompage eau traitée : **1 682.296 millions ;**
- ◆ Distribution y compris château d'eau : **3 109.166 millions ;**
- ◆ Divers et imprévus : **799.069 millions.**

6.6.7.2. 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 et équipement de la prise et pose de la conduite de refoulement d'eau brute ;
- ◆ Construire la station de traitement et la station de pompage et pose de la conduite de refoulement à 100% ;
- ◆ Construire le nouveau château d'eau ;
- ◆ Poser les nouvelles conduites principales d'extensions prévues ;
- ◆ Prévoir un linéaire de 50% des conduites d'extensions.

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 et équipement d'un nouveau forage;
- Linéaire de 25% des conduites d'extensions.

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

- Linéaire de 25% des conduites d'extensions.

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

Tableau 25 : Estimation sommaire des coûts totaux

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	Nettoyage, clôture et agrandissement de la retenue	100 000 000	1	100 000 000	-	-	-	-
A.2	Ouvrages de prise	15 000 000	1	15 000 000	-	-	-	-
A.3	Fourniture et pose d'une pompe de débit 110 m³/h et HMT = 20 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	15 000 000	2	15 000 000	-	-	-	-
A.4	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 315 mm PN 16 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	47 828 800	716	47 828 800	-	-	-	-
A.5	Équipements électriques et de commande	30 000 000	1	30 000 000	-	-	-	-
Total production d'eau brute		207 828 800		207 828 800	-	-	-	-
B	Traitement							
B.1	Terrassement et génie civil	30 000 000	1	30 000 000	-	-	-	-
B.2	Fourniture et pose d'un conteneur 40 pieds compartimenté pour floculation et décantation	29 800 000	1	29 800 000	-	-	-	-

Tableau 25 : Estimation sommaire des coûts totaux (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)
B.3	Fourniture et pose d'équipement du compartiment coagulation/floculation	8 250 000	1	8 250 000	-	-	-	-
B.4	Fourniture et pose d'équipement pour le décanteur lamellaire	22 110 000	1	22 110 000	-	-	-	-
B.5	Fourniture et pose d'équipement pour la préparation et le dosage de coagulant, chloration et neutralisation	20 790 000	1	20 790 000	-	-	-	-
B.6	Fourniture et pose d'équipement pour la préparation et le dosage de floculant et de charbon actif	7 810 000	1	7 810 000	-	-	-	-
B.7	Fourniture et pose de filtre à sable de 100 m³/h avec accessoires	65 000 000	2	65 000 000	-	-	-	-
B.8	Fourniture et pose d'équipements pour les filtres à sable (01 supprimeur d'air, 04 pompes de lavages, jouant également le rôle de transfert d'eau décantée vers les filtres y compris leurs accessoires)	18 865 000	1	18 865 000	-	-	-	-
B.9	Armoire de commande et protection des moteurs	34 028 800	1	34 028 800	-	-	-	-
B.10	Fourniture et pose d'un bassin tampon de 50 m³ en PRV	11 500 000	1	11 500 000	-	-	-	-
B.11	Local de commande sous forme de container de 40 pieds neuf en deux compartiments y compris climatisation	16 800 000	1	16 800 000	-	-	-	-
B.12	Fourniture et pose d'un bassin d'eau traité de 220 m³ en PRV y compris raccordement au réservoir existant avec dispositif de pompage et conduite en PEHD DN 150 mm	28 000 000	1	28 000 000	-	-	-	-
B.13	Alimentation en électricité et commande	12 500 000	1	12 500 000	-	-	-	-
B.14	Fourniture et pose d'un réseau de canalisation en PEHD	8 580 000	1	8 580 000	-	-	-	-
B.15	Fourniture et pose d'équipements de mesure et de régulation (débit, pression, chlore, PH, turbidité, niveau d'eau etc.)	13 800 000	1	13 800 000	-	-	-	-
Total traitement		327 833 800		327 833 800		-		
C	Station de pompage eau traitée							
C.1	Réservoir semi entrée d'eau traitée	20 900 000	220	20 900 000	-	-	-	-
C.2	Fourniture et pose d'une pompe de débit 110 m³/h et HMT = 204 m y compris tous les équipements et toutes sujétions	90 000 000	2	90 000 000	-	-	-	-
C.3	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 315 mm PN 16 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	1 517 896 400	22 723	1 517 896 400	-	-	-	-

Tableau 25 : Estimation sommaire des coûts totaux (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)
C.4	Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 70 KVA y compris cuve à gazoil	46 000 000	1	46 000 000	-	-	-	-
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		1 682 296 400		1 682 296 400		-	-	-
C	Réseau de distribution et château d'eau							
C.1	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 200 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	257 083 000	8 293	257 083 000	-	-	-	-
C.1	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 160 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	142 158 000	4 902	142 158 000	-	-	-	-
C.2	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 110 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	484 325 000	9 687	242 162 500	4 843	121 081 250	4 843	121 081 250
C.3	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 90 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	579 600 000	12 600	289 800 000	6 300	144 900 000	6 300	144 900 000
C.4	Fourniture et pose de conduites PEHD DN 75 mm PN 10 y compris terrassements, pièces en ligne et essais de pression	1 176 000 000	29 400	588 000 000	14 700	294 000 000	14 700	294 000 000
C.6	Construction et équipement d'un Château d'eau de capacité 400 m³/20 m	470 000 000	1	470 000 000	-	-	-	-
Total Réseau de distribution et château d'eau		3 109 166 000		1 989 203 500		559 981 250		559 981 250
Divers et imprévus (15%)		799 068 750		631 074 375		83 997 188		83 997 188
Total général		6 126 193 750		4 838 236 875		643 978 438		643 978 438

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

- ◆ Total : 6.126 milliards FCFA ;
- ◆ Phase d'urgence : 4.838 milliards FCFA ;
- ◆ Phase moyen terme : 0.644 milliards FCFA ;
- ◆ Phase court terme : 0.644 milliards FCFA.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ◆ Plan de développement communal (PDC) 3^{ème} génération de la commune de Copargo (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 Copargo, 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, Adjarra, 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) / Copargo / Version définitive

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

Hypothèses de calcul

Temps de fonctionnement (T en h)	15 / 22	$Qj_{2025} = CS_{2025} \times P_{2025}$
Consommation spécifique (Cs2025 en l/hab/j): 2025	35	$Qd_{2025} = Qj_{2025} \times (1 + Pr)$
Consommation spécifique (Cs2030 en l/hab/j): 2030	40	$Qp_{2025} = Qd_{2025} \times (1 + Pp)$
Consommation spécifique (Cs2035 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 forages

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	25 861	1 095	1 259	1 322	88
2030	30 053	1 455	1 673	1 756	117
2035	34 924	1 902	2 187	2 296	153

Calcul des besoins en eau de surface

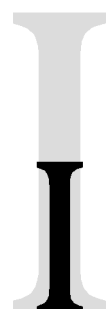
Années	Population	Besoins nets journaliers Qj (m3/j)	Besoins journaliers (m3/j) y/c pertes distribution Qd	Besoins journaliers (m3/j) y/c de production Qp	Débit moyen horaire eau brute à traiter (m3/h) Qb
2025	25 861	1 095	1 259	1 322	60
2030	30 053	1 455	1 673	1 756	80
2035	34 924	1 902	2 187	2 296	104

ANNEXE II : PLANS DES RÉSEAUX ET DE PRINCIPE DES OUVRAGES

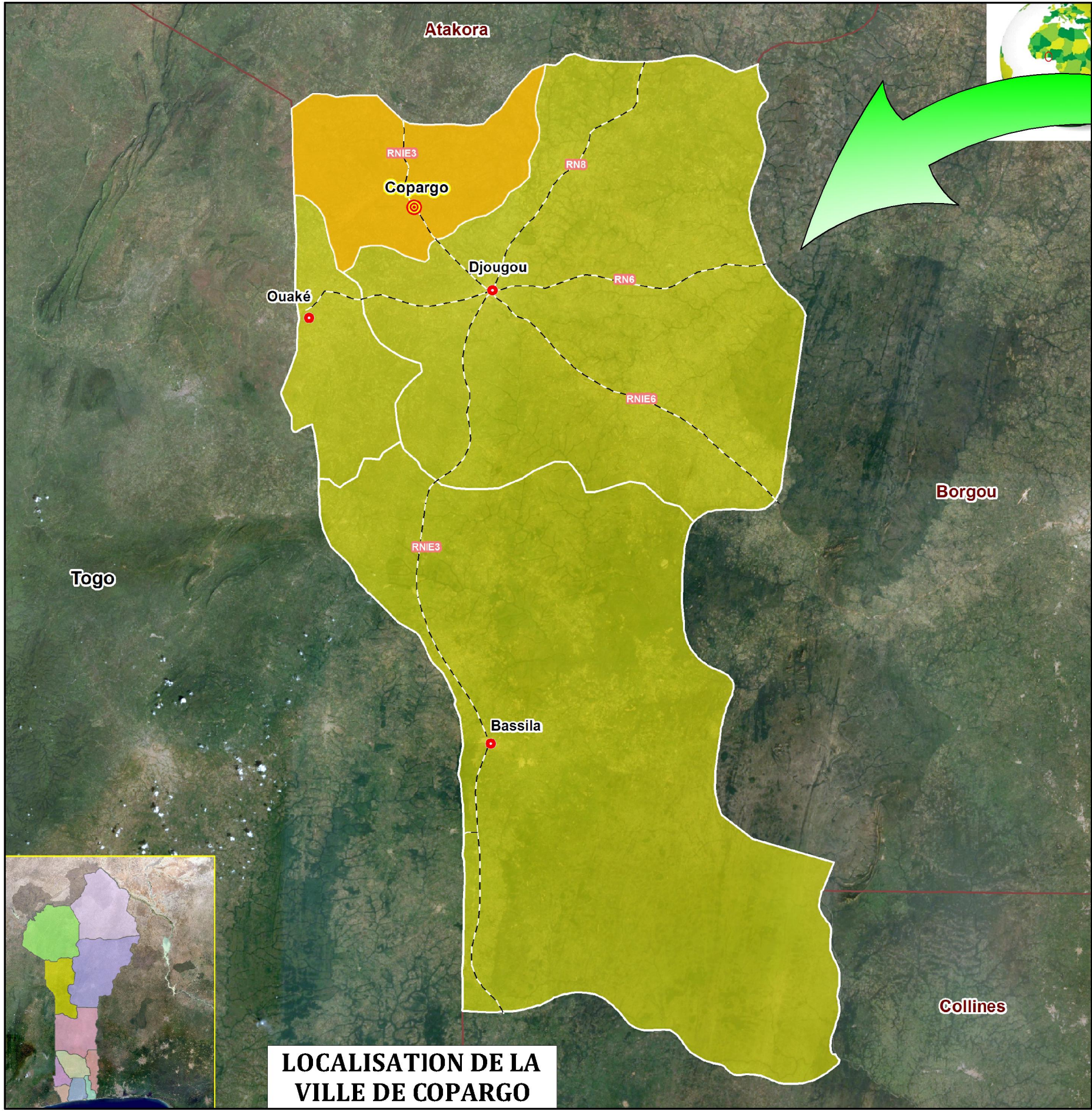
LISTE DES PLANS

1 sur 1

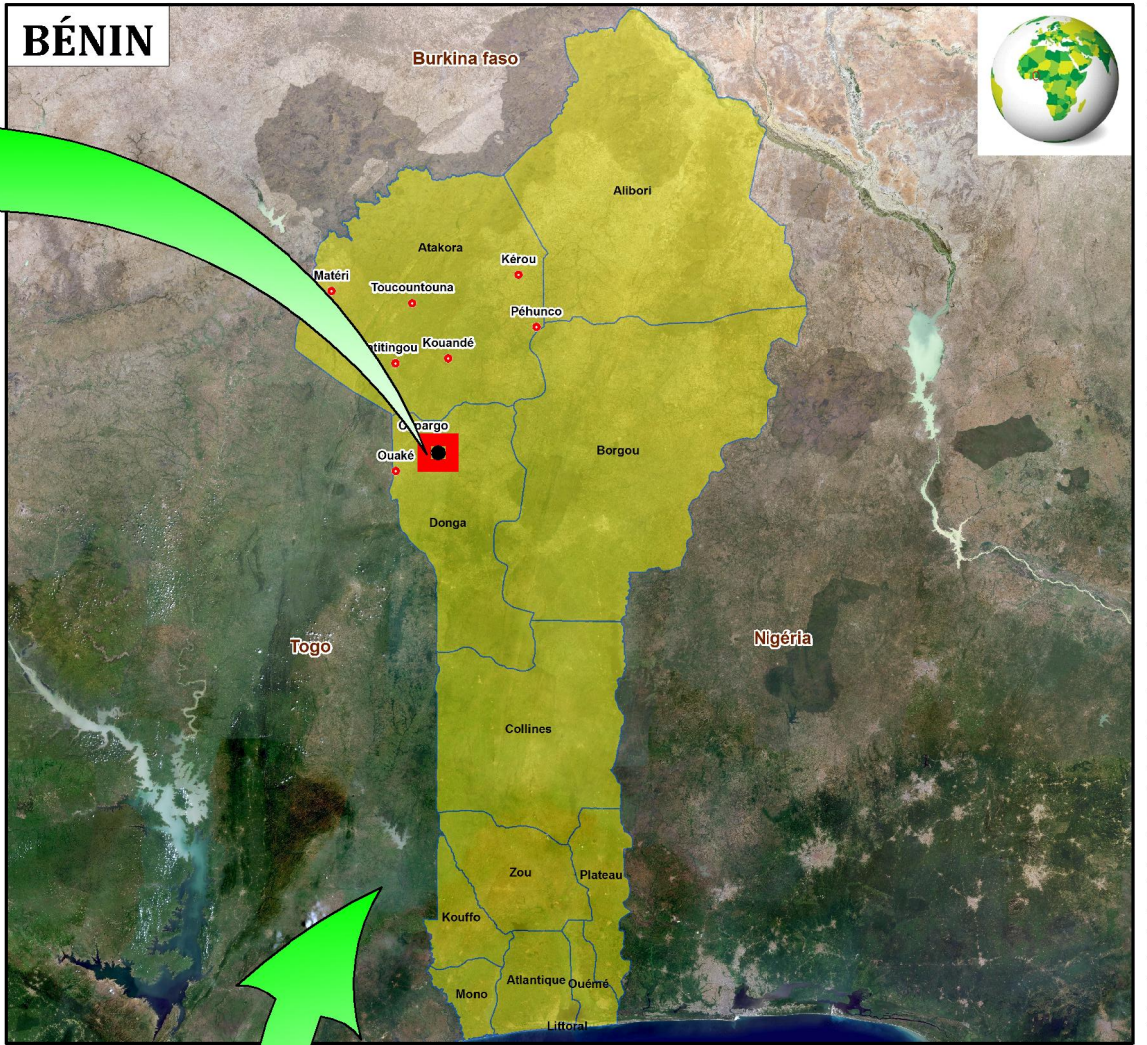
N° PLAN	Désignation		Échelle ; Format papier
I PLANS GÉNÉRAUX			
I-1	Plan de situation		Graphique ; A3
II RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE			
II-1	Réseau d'adduction en eau potable de la ville de Copargo: Tracé en plan		
II-1-1	Vue d'ensemble du réseau existant		1/10000 ; A3
II-1-2	Vue d'ensemble du réseau projeté		1/55000 ; A3
II-1-3	Plan découpage		1/55000 ; A3
II-1-4	▪	Zone A	1/10000 ; A3
	▪	Zone B	1/10000 ; A3
	▪	Zone C	1/10000 ; A3
II-2	Réseau d'adduction en eau potable de la ville de Copargo: Ouvrages types		
II-2-1	Cabine de pompage		1/100 ; A3
II-2-2	Groupe électrogène		1/100 ; A3



PLANS GÉNÉRAUX



LOCALISATION DE LA
VILLE DE COPARGO



Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:	RÉPUBLIQUE DU BÉNIN Fraternité - Justice - Travail MINISTÈRE DE L'EAU ET DES MINES (MEM)	Maître d'Ouvrage: SONEB		Maître d'Œuvre: Groupement 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, TOUCOUNTOUNA, OUAKÉ, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS PHASE : AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) // COPARGO		Titre du plan: PLAN DE SITUATION DE LA VILLE COPARGO		Indice	002-B
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONE	S. TOURÉ	S. KABRÉ						Date	le 28 avril 2022				
B	Avril 2022	Version Définitive									Projet N°	21/021/PO				
C											Plan N°	I-1				
D											Planche	1 sur 1				
E											Échelle	Graphique				



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

II-1

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



LÉGENDE

Réseau existant

Château existant

Forage existant

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:

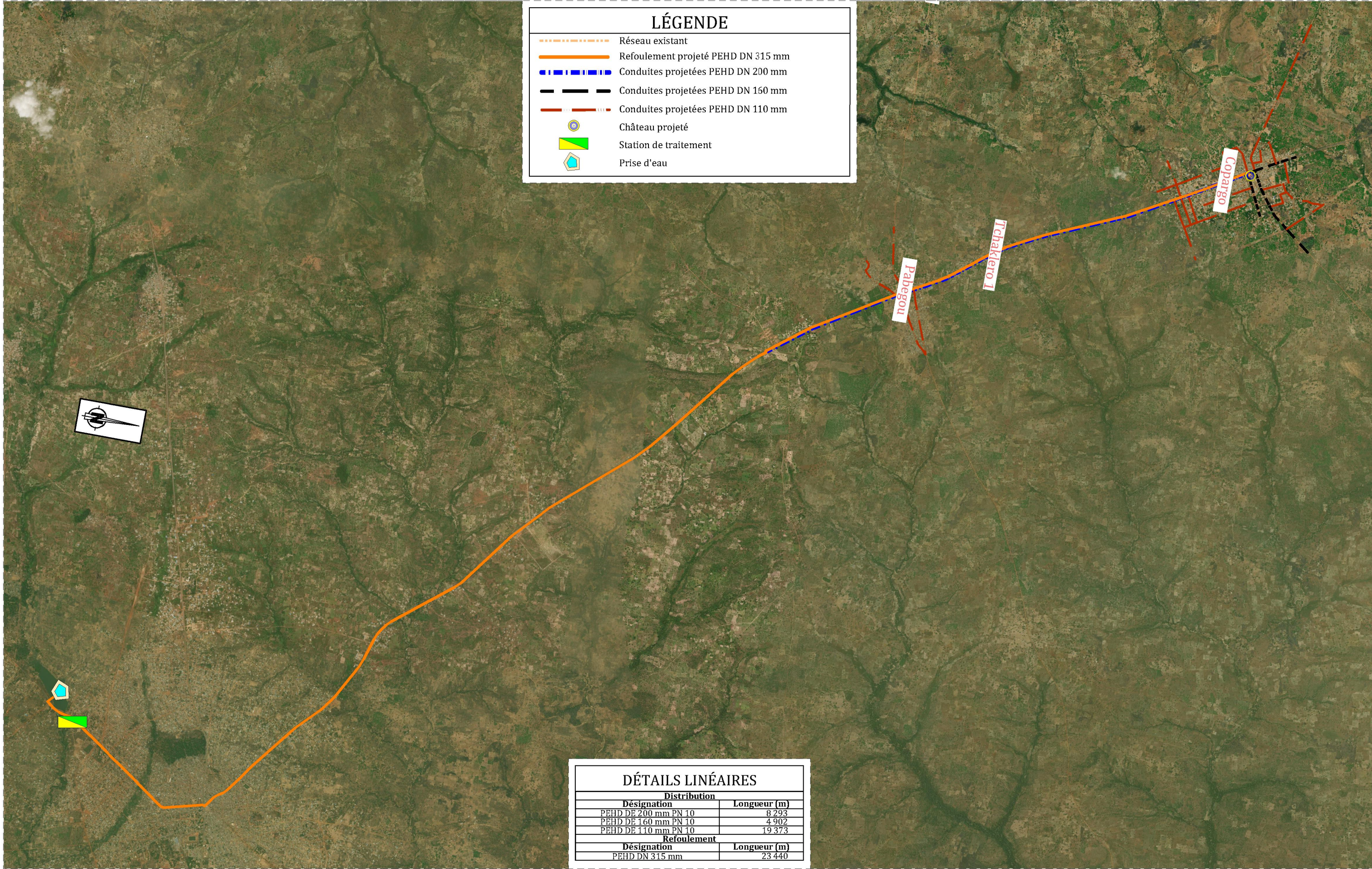
RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS), HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOPHYSIQUE ET D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES LOCALITÉS DE KÉROU, KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, "OUCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS

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

Titre du plan:

RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE
VUE D'ENSEMBLE - EXISTANT

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	II-1-1
Planche	1 sur 1
Échelle	1/10000



LÉGENDE

Réseau existant

Refolement projeté PEHD DN 315 mm

Conduites projetées PEHD DN 200 mm

Conduites projetées PEHD DN 160 mm

Conduites projetées PEHD DN 110 mm

Château projeté

Station de traitement

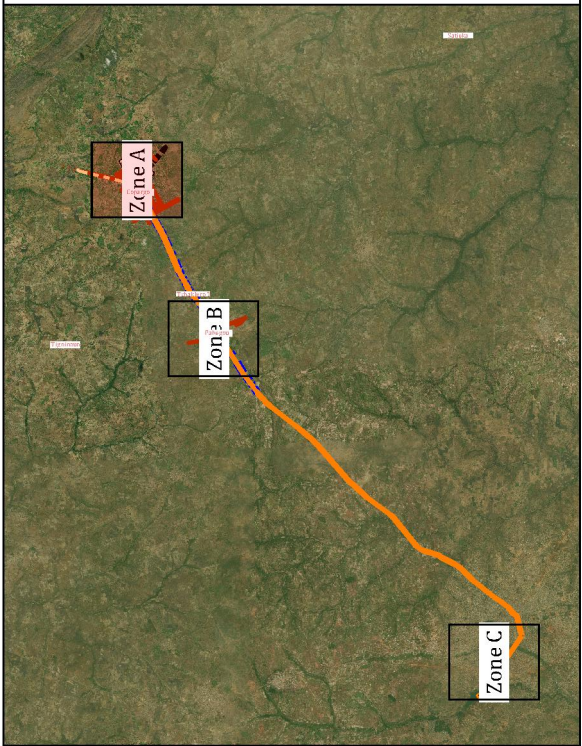
Prise d'eau

DÉTAILS LINÉAIRES	
Distribution	
Désignation	Longueur (m)
PEHD DE 200 mm PN 10	8 293
PEHD DE 160 mm PN 10	4 902
PEHD DE 110 mm PN 10	19 373
Refolement	
Désignation	Longueur (m)
PEHD DN 315 mm	23 440

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 - PROJETÉ	Indice	002-B
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONE	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, "OUCOUNTOUNA, 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-1-2
D											Planche	1 sur 1
E									PHASE : AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) // COPARGO		Échelle	1/55000



SCHÉMA DE LOCALISATION DE LA ZONE



LÉGENDE

- Réseau existant
- Refoulement projeté PEHD DN 315 mm
- Conduites projetées PEHD DN 200 mm
- Conduites projetées PEHD DN 160 mm
- Conduites projetées PEHD DN 110 mm
- Château projeté
- Station de traitement
- Prise d'eau

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)

Maître d'Ouvrage:
SONEB



Maître d'Œuvre:
Groupement CIRA SAS / HORSE



Projet:

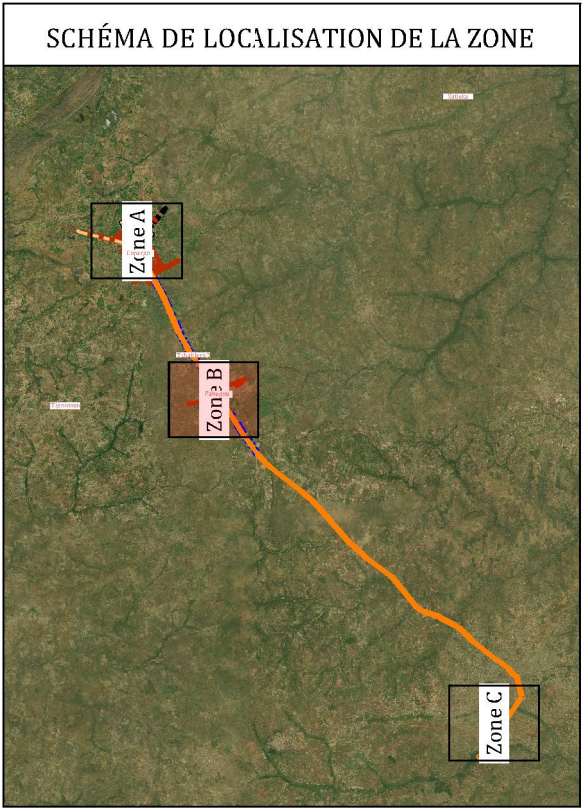
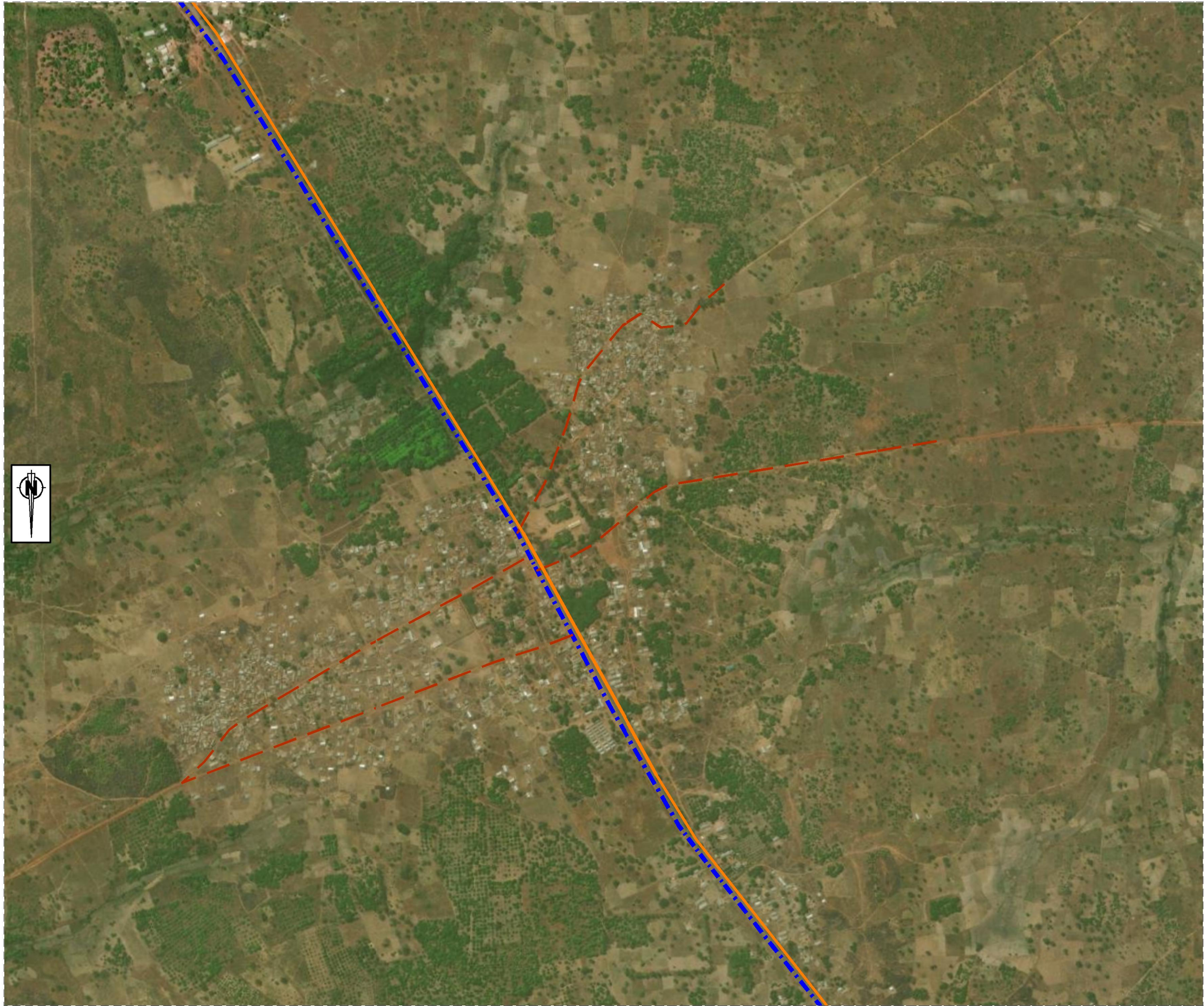
RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS), HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOPHYSIQUE ET D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES LOCALITÉS DE KÉROU, KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, OUCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS

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

Titre du plan:

RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU
POTABLE
ZONE A

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	II-1-4
Planche	1 sur 3
Échelle	1/10000



LÉGENDE

- Réseau existant
- Refoulement projeté PEHD DN 315 mm
- Conduites projetées PEHD DN 200 mm
- Conduites projetées PEHD DN 160 mm
- Conduites projetées PEHD DN 110 mm
- Château projeté
- Station de traitement
- Prise d'eau

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, OUCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS

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

Titre du plan:

RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE
ZONE B

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	II-1-4
Planche	2 sur 3
Échelle	1/10000

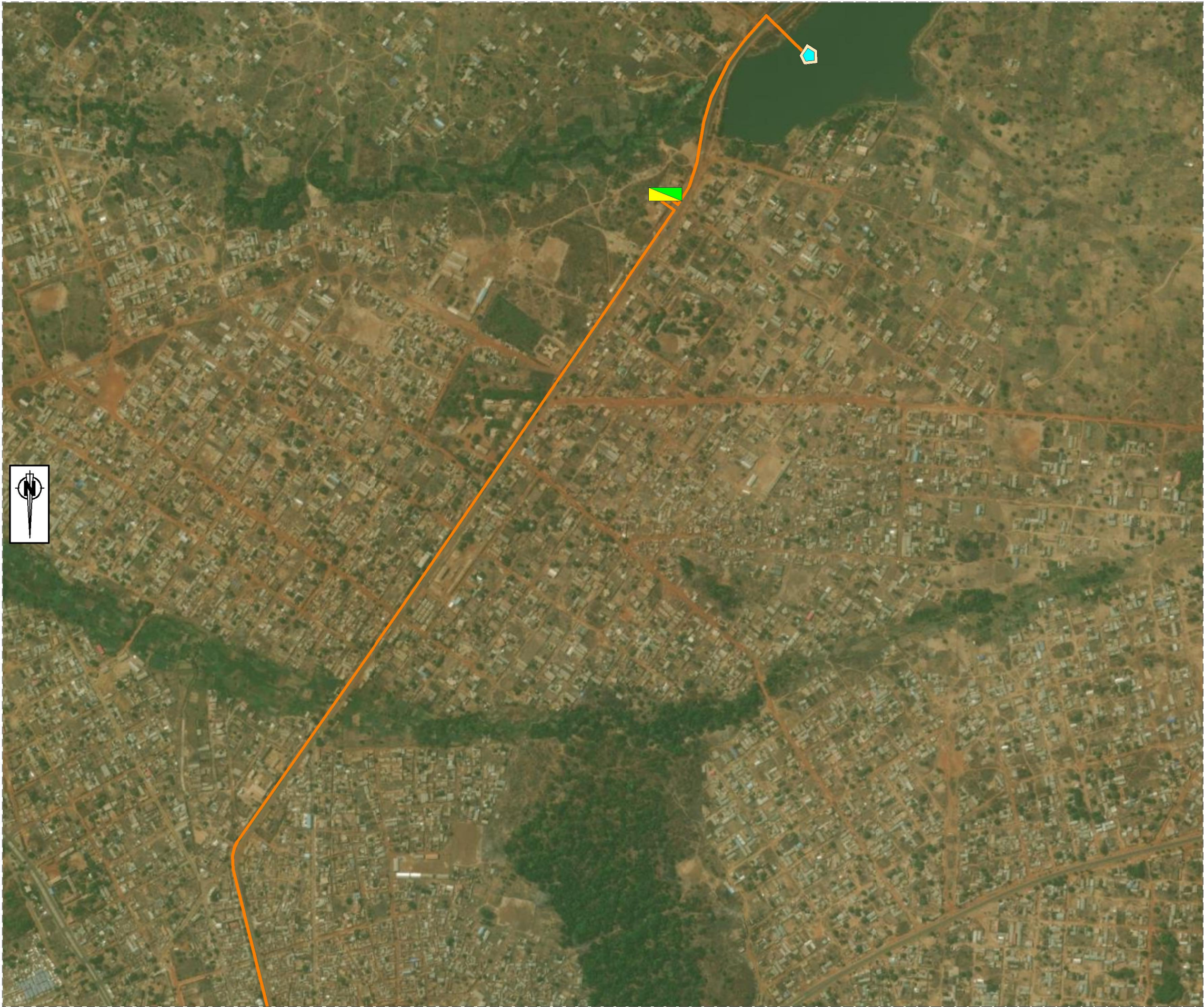
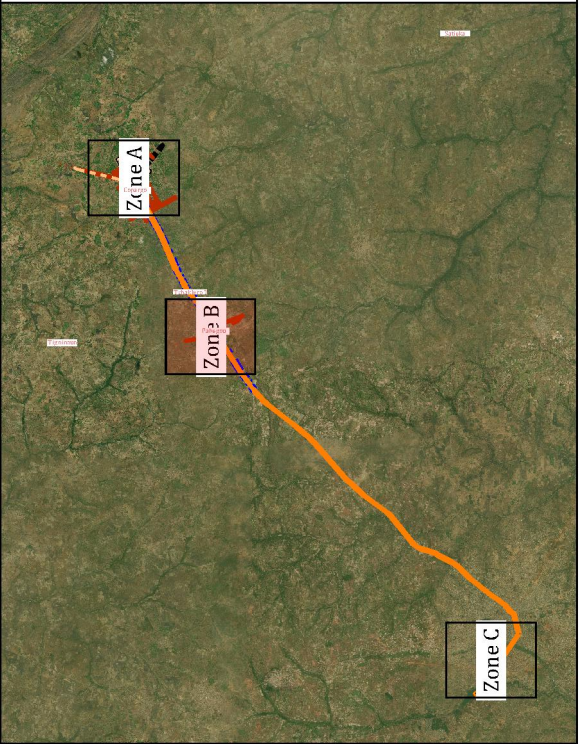


SCHÉMA DE LOCALISATION DE LA ZONE



LÉGENDE

- Réseau existant
- Refoulement projeté PEHD DN 315 mm
- Conduites projetées PEHD DN 200 mm
- Conduites projetées PEHD DN 160 mm
- Conduites projetées PEHD DN 110 mm
- ⊙ Château projeté
- ▭ Station de traitement
- ⬠ Prise d'eau

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)



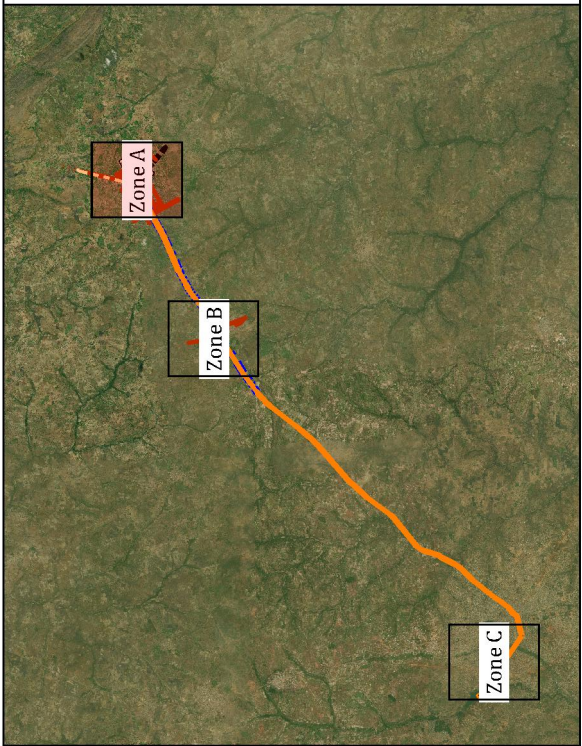
Projet:
RÉALISATION DES ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS), HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOPHYSIQUE ET D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DU PROJET DE RENFORCEMENT DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES LOCALITÉS DE KÉROU, KOUANDÉ, MATÉRI, PÉHUNCO, OUCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS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

Titre du plan:
**RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE
ZONE C**

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	II-1-4
Planche	3 sur 3
Échelle	1/10000



SCHÉMA DE LOCALISATION DE LA ZONE



LÉGENDE

- Réseau existant
- Refoulement projeté PEHD DN 315 mm
- Conduites projetées PEHD DN 200 mm
- Conduites projetées PEHD DN 160 mm
- Conduites projetées PEHD DN 110 mm
- ⊙ Château projeté
- Station de traitement
- ⬠ Prise d'eau

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)

Maître d'Ouvrage:
SONEB



Maître d'Œuvre:
Groupement 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, OUCOUNTOUNA, OUAKE, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS

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

Titre du plan:

RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU
POTABLE
ZONE A

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	II-1-4
Planche	1 sur 3
Échelle	1/10000

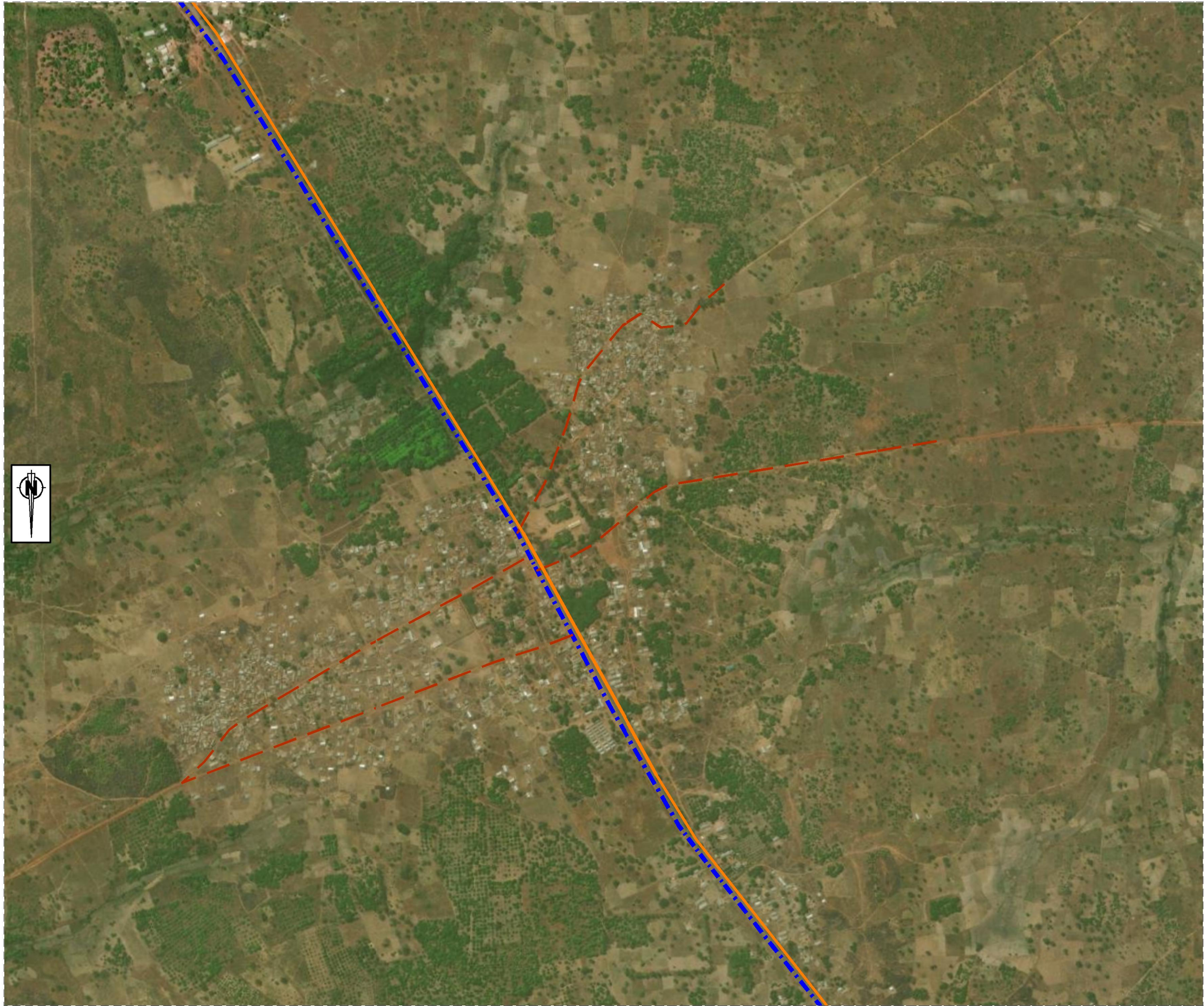
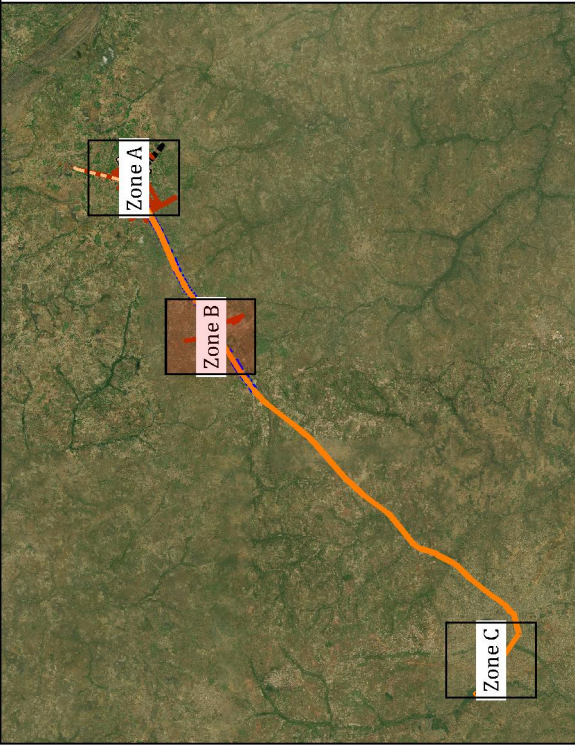


SCHÉMA DE LOCALISATION DE LA ZONE



LÉGENDE

- Réseau existant
- Refoulement projeté PEHD DN 315 mm
- Conduites projetées PEHD DN 200 mm
- Conduites projetées PEHD DN 160 mm
- Conduites projetées PEHD DN 110 mm
- Château projeté
- Station de traitement
- Prise d'eau

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)



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, OUCOUNTOUNA, OUKÉ, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS
PHASE : AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) // COPARGO

Titre du plan:
**RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU POTABLE
ZONE B**

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	II-1-4
Planche	2 sur 3
Échelle	1/10000

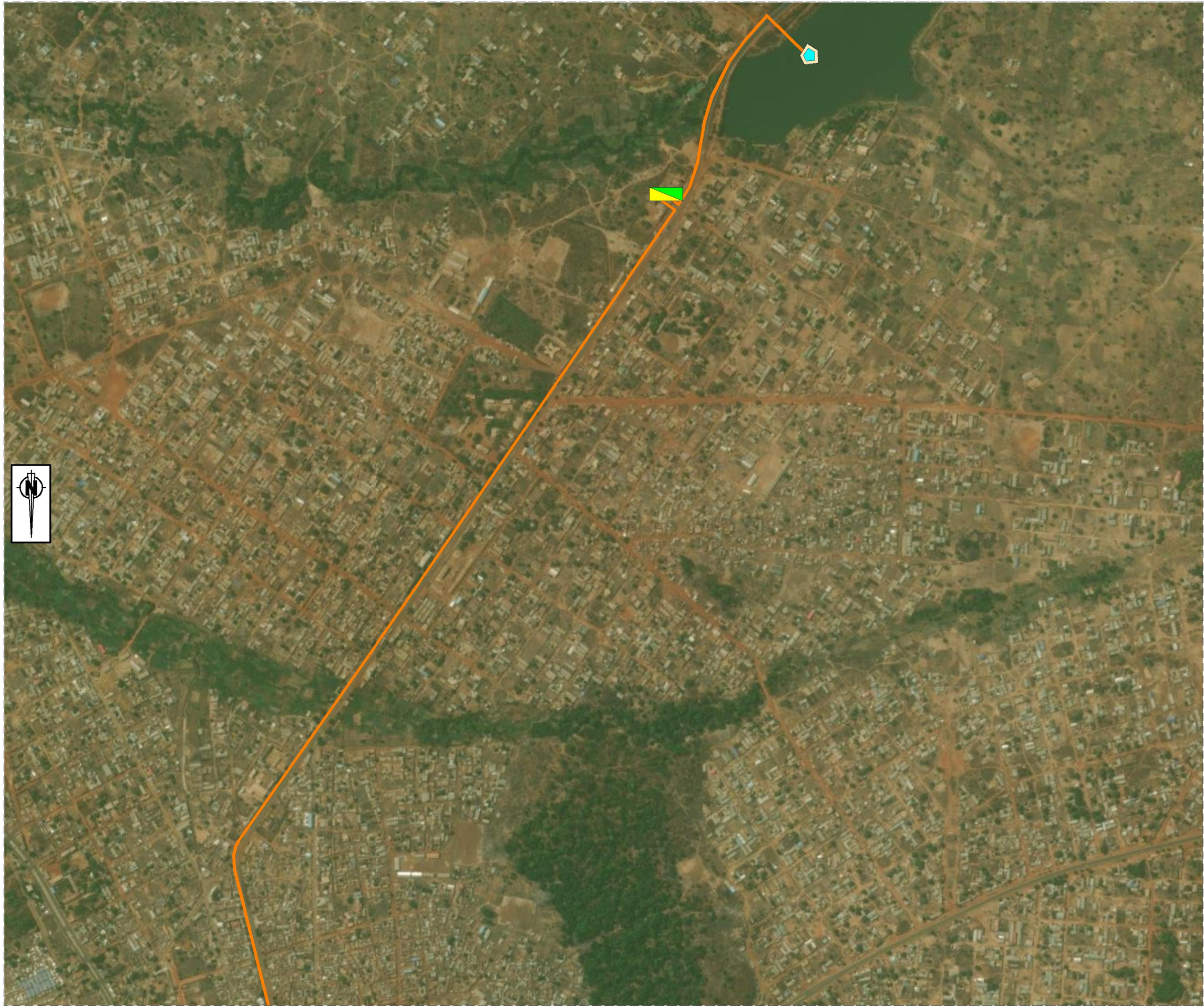
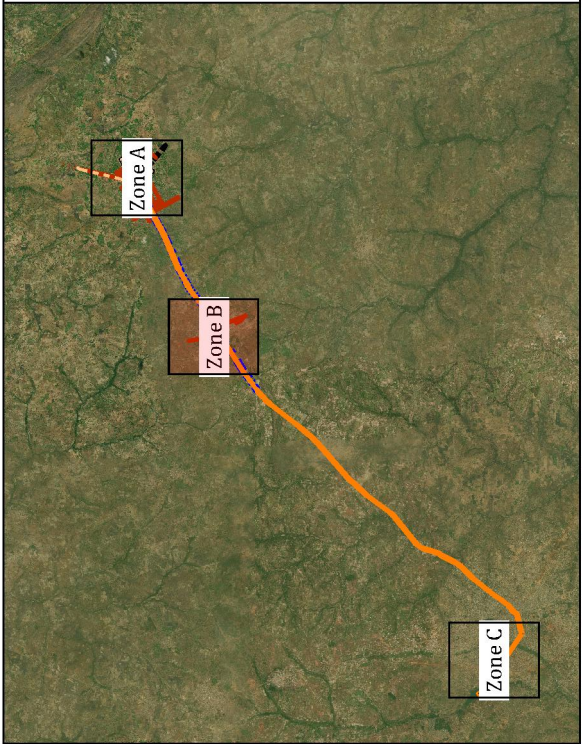


SCHÉMA DE LOCALISATION DE LA ZONE



LÉGENDE

- Réseau existant
- Refoulement projeté PEHD DN 315 mm
- Conduites projetées PEHD DN 200 mm
- Conduites projetées PEHD DN 160 mm
- Conduites projetées PEHD DN 110 mm
- Château projeté
- Station de traitement
- Prise d'eau

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)

Maître d'Ouvrage:
SONEB



Maître d'Œuvre:
Groupement 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, OUCOUNTOUNA, OUAKÉ, COPARGO, NATITINGOU ET LEURS ENVIRONS

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

Titre du plan:

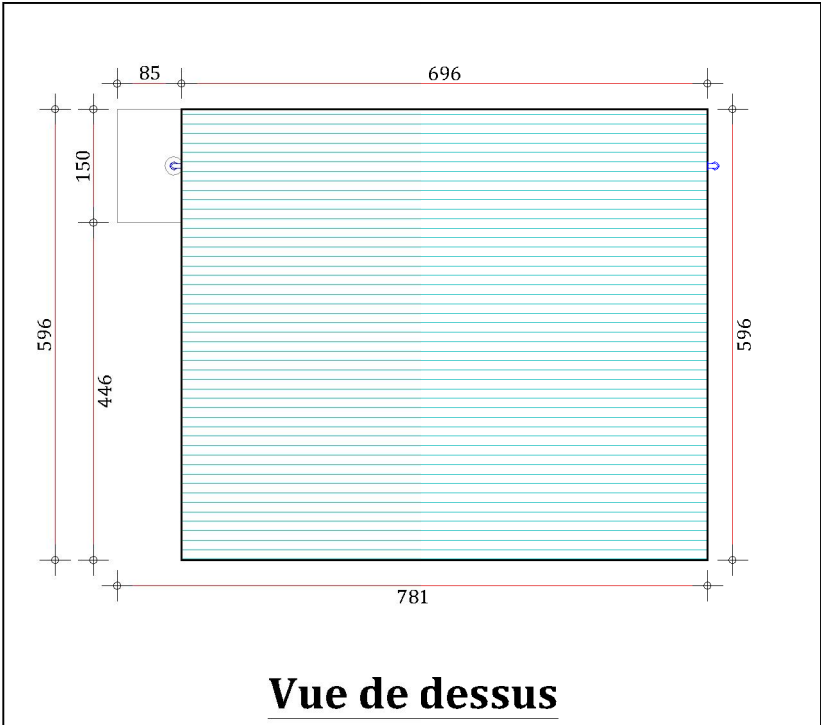
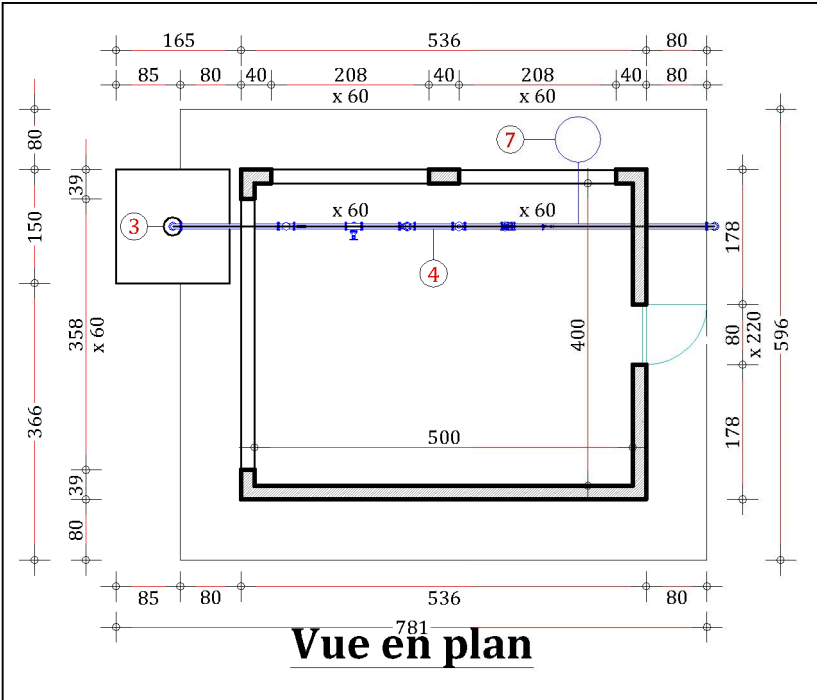
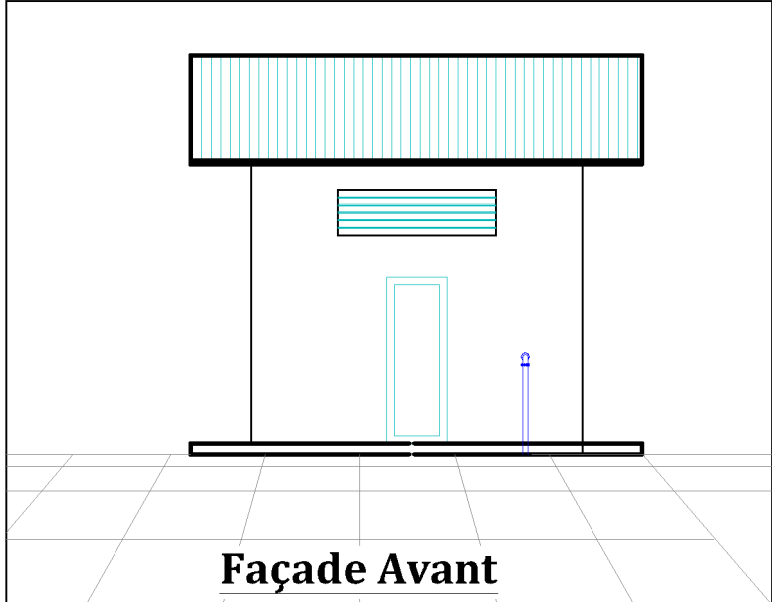
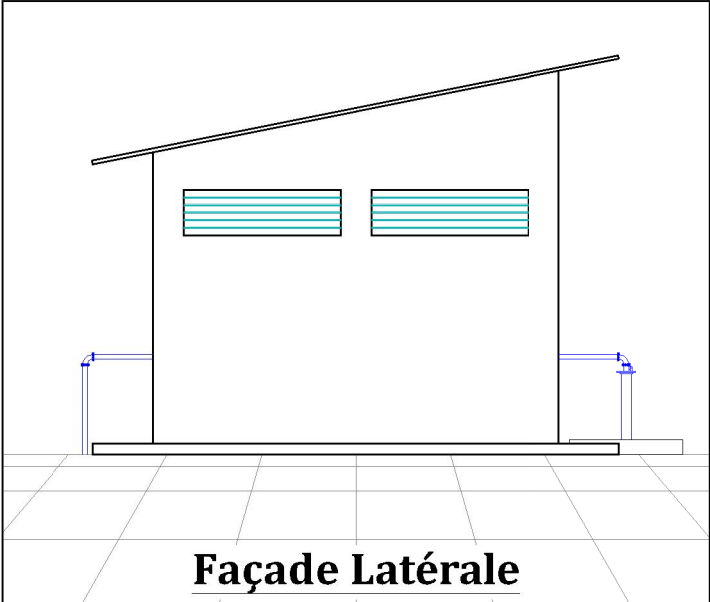
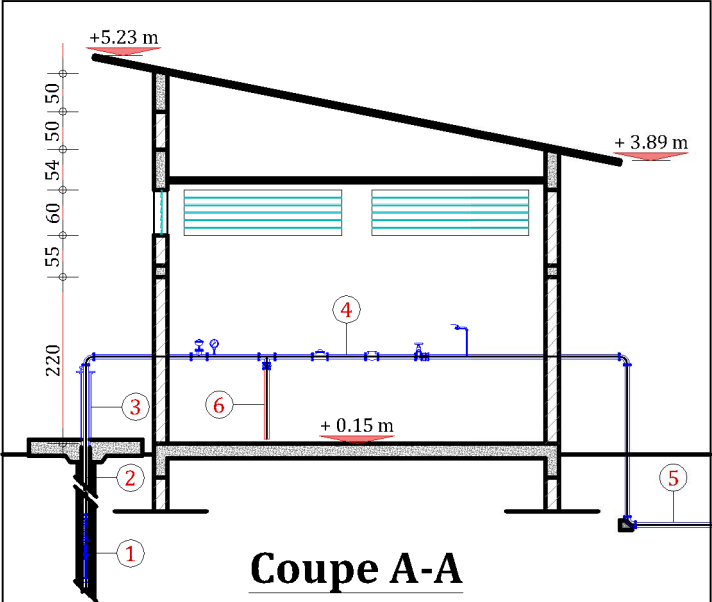
RÉSEAU D'ADDUCTION EN EAU
POTABLE
ZONE C

Indice	002-B
Date	le 28 avril 2022
Projet N°	21/021/PO
Plan N°	II-1-4
Planche	3 sur 3
Échelle	1/10000

II-2

OUVRAGES TYPES

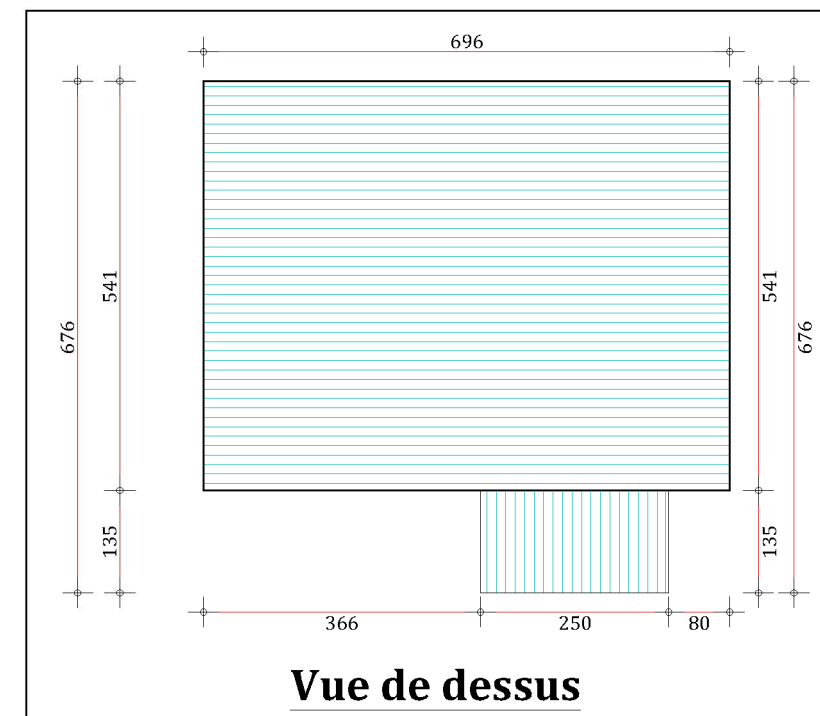
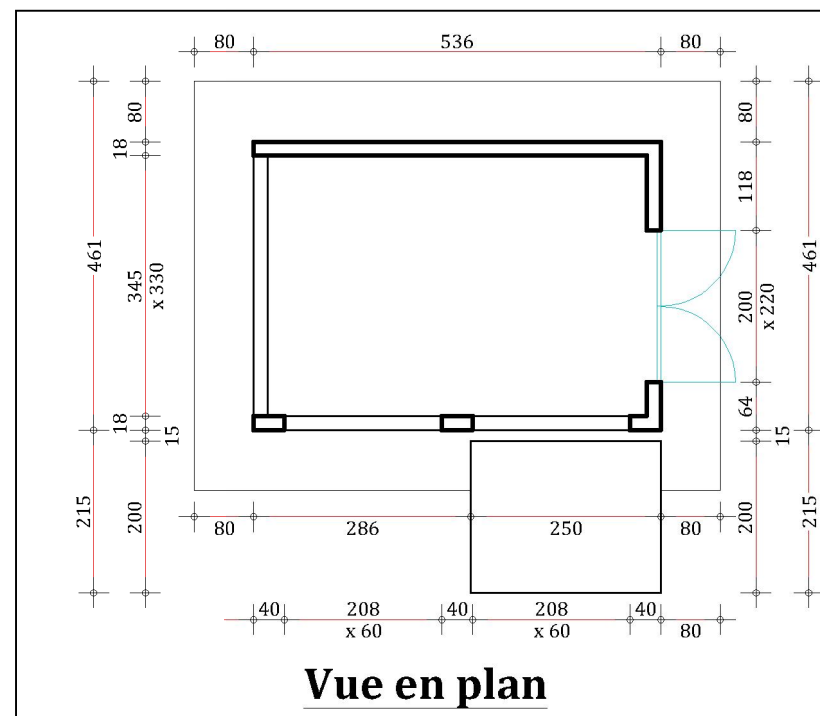
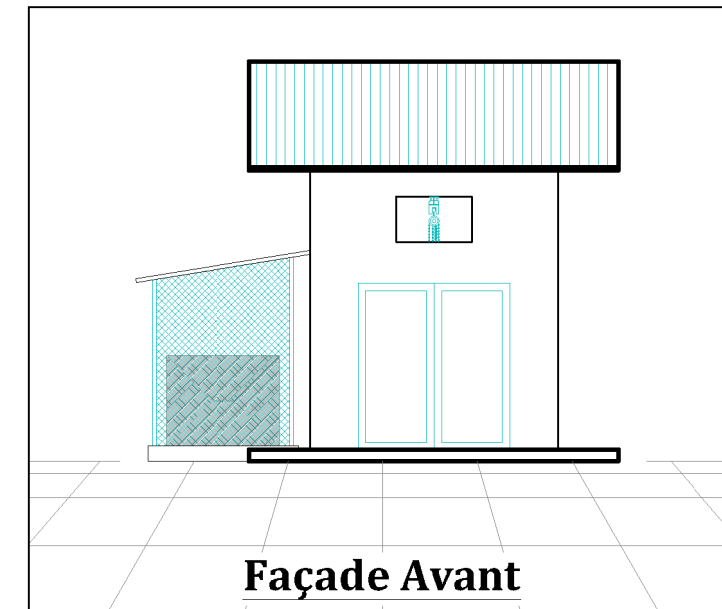
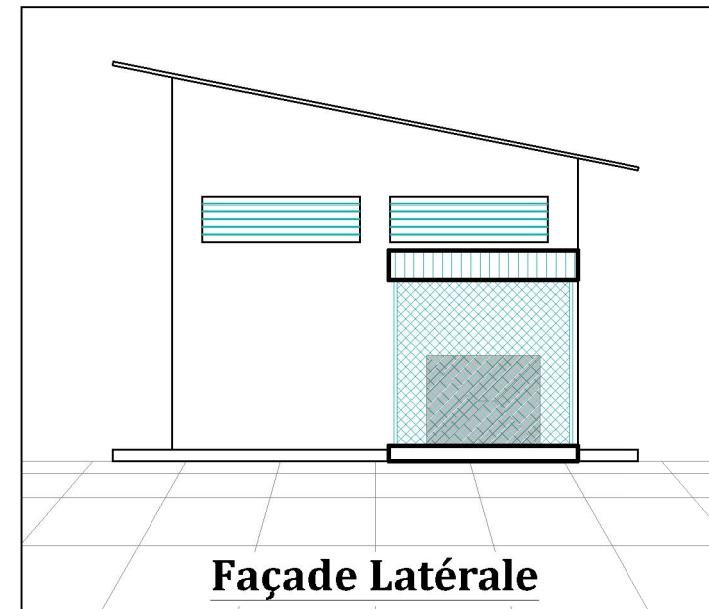
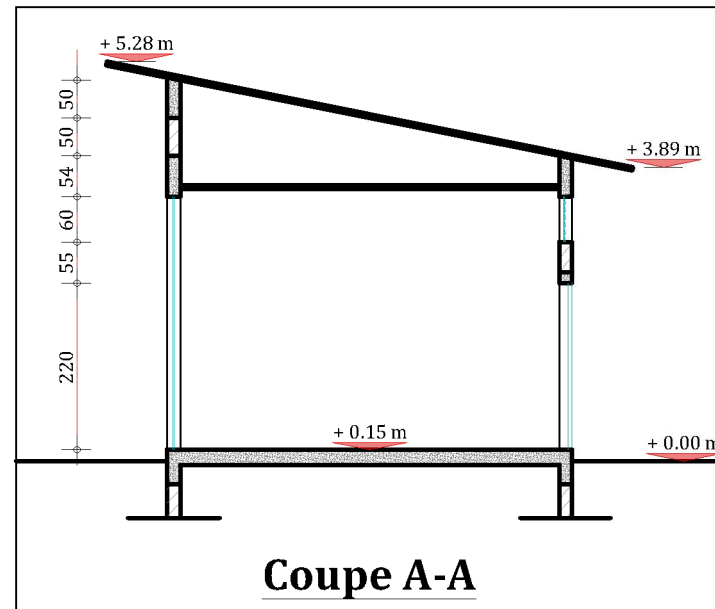
Plan - Type Cabine de pompage



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 : Groupement CIRA SAS / HORSE	Projet:	Titre du plan: PLANS TYPE CABINE DE POMPAGE	Indice	002-B
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONE	S. TOURÉ	S. KABRÉ		Date	le 28 avril 2022				
B	Avril 2022	Version Définitive					Projet N°	21/021/PO				
C							Plan N°	II-2-1				
D							Planche	1 sur 1				
E										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: SONEB	Maitre d'Œuvre: Groupe ment CIRA SAS / HORSE	Projet:	Titre du plan:	Indice	002-B
A	Sept. 2021	OBSERVATIONS	A. B. MARONE	S. TOURÉ	S. KABRÉ		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, OUAKÉ, 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	