



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO



MENTION HYDRAULIQUE



« Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de grade Master, titre Ingénieur »

**« CONTRIBUTION A L'ETUDE DE RENFORCEMENT DU SYSTEME
D'ADDUCTION D'EAU POTABLE, DE L'ASSAINISSEMENT ET
HYGIENE DES FOKONTANY D'AMBODIVONA ET D'ANTANETIBE
SUD DE LA COMMUNE RURALE D'ANJEPY, DISTRICT
MANJAKANDRIANA, REGION ANALAMANGA »**

Date de soutenance : Jeudi 11 Novembre 2021

Présenté par : RASOLONIAINA Nirina Pascal

Promotion : 2019



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO



MENTION HYDRAULIQUE

« Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de grade Master, titre Ingénieur »

**« CONTRIBUTION A L'ETUDE DE RENFORCEMENT DU SYSTEME
D'ADDUCTION D'EAU POTABLE, DE L'ASSAINISSEMENT ET
HYGIENE DU FOKONTANY D'AMBODIVONA ET D'ANTANETIBE
SUD DE LA COMMUNE RURALE D'ANJEPY, DISTRICT
MANJAKANDRIANA, REGION ANALAMANGA »**

Soutenu par : RASOLONIAINA Nirina Pascal
Date de soutenance : Jeudi 11 Novembre 2021

Membres de jury :

- Président de jury : **Monsieur RANJATOSON Claude**, Enseignant Chercheur à l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo
- Encadreur pédagogique : **Monsieur RANDRIAMAHERISOA Alain**, Chef de la Mention Hydraulique, Enseignant Chercheur à l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo
- Encadreur professionnel : **Monsieur RAKOTOARISOA Tsiry**, Ingénieur Hydraulique et Project Officer de WATERAID MADAGASCAR
- Examineurs : **Monsieur RAMANANTSOA Benjamin**, Enseignant Chercheur à l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo
Monsieur RAFALIMANANA Mampitony, Enseignant Chercheur à l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma gratitude à Dieu Tout Puissant qui, par sa grâce et sa volonté, a permis que ce mémoire de fin d'études soit réalisé.

Ensuite, les mérites ne nous reviennent pas sans la collaboration de nombreuses personnes, ayant participées de loin ou de près à l'accomplissement du présent travail de mémoire.

J'adresse mes sincères remerciements à :

- ❖ Monsieur RAKOTOSAONA Rijalalaina, Directeur de l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo ;
- ❖ Monsieur RANJATOSON Claude, Enseignant Chercheur à l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo, de sa bienveillance d'avoir accepté de présider notre soutenance de mémoire.
- ❖ Monsieur RANDRIAMAHERISOA Alain, Chef de la Mention Hydraulique, Enseignant Chercheur à l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo, notre Encadreur pédagogique qui a sacrifié son temps à nous faire part de ces précieux conseils, instructions et aides dans l'élaboration du présent ouvrage ;
- ❖ Monsieur RAKOTOARISOA Tsiry, Ingénieur Hydraulique et Project Officer de WATERAID, MADAGASCAR, qui m'a offert sa disponibilité à tout moment en tant qu'encadreur professionnel. Il a également joué un rôle clé dans l'élaboration de cet ouvrage.
- ❖ Monsieur RAMANANTSOA Benjamin, Enseignant Chercheur à l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo, d'avoir accepté le rôle d'examineur de ce travail ;
- ❖ Monsieur RAFALIMANANA Mampitony, Enseignant Chercheur à l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo, d'avoir également la volonté de juger cet ouvrage dans sa juste valeur ;
- ❖ Tous les enseignants et personnels administratifs de l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo.
- ❖ Madame Josette VIGNON, de m'avoir permis à effectuer mon stage au sein de WATERAID MADAGASCAR ;
- ❖ Monsieur le Maire de la Commune Rurale d'Anjepy RANDRIAMANANTSOA Mamy

Je voudrais maintenant remercier Madame ANDRIAMBANONA Marina, Program Manager de WaterAid Madagascar et mes collègues durant mon stage, nous avons vécu des moments de la vie inoubliable. Je leurs présente tous mes meilleurs souhaits.

Finalement, Je souhaite adresser mes reconnaissances les plus sincères à toute ma famille pour leurs aides financières, leur soutien moral et leurs encouragements.

A VOUS TOUS UN GRAND MERCI

DECLARATION SUR L'HONNEUR

Je soussigné RASOLONIAINA Nirina Pascal, auteur de ce mémoire intitulé « **CONTRIBUTION A L'ETUDE DE RENFORCEMENT DU SYSTEME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE, DE L'ASSAINISSEMENT ET HYGIENE DES FOKONTANY D'AMBODIVONA ET D'ANTANETIBE SUD DE LA COMMUNE RURALE D'ANJEPY, DISTRICT MANJAKANDRIANA, REGION ANALAMANGA** » déclare sur l'honneur que :

- ❖ Ce document est le résultat de mes recherches personnelles, travaux qui n'ont pas encore été publiés.
- ❖ Dans cet écrit, je n'ai ni copié, ni reproduit les œuvres d'autrui.
- ❖ Conformément à l'usage en matière de travaux destinés au public, j'ai précisé à partir de la bibliographie les ressources exactes des extraits et des documents exploités.

RASOLONIAINA Nirina Pascal

SOMMAIRES

REMERCIEMENTS

SOMMAIRES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION

CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE II : ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE

CHAPITRE III : ETUDE DE BASE POUR LA CONCEPTION DES OUVRAGES

CHAPITRE IV : ETUDE TECHNIQUE D'AMENAGEMENT

CHAPITRE V : SIMULATION DU RESEAU SUR EPANET 2.0

CHAPITRE VI : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNMENTAL ET ECONOMIQUE DU PROJET

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIES

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP :	Adduction d'Eau Potable
AEPG :	Adduction d'Eau Potable Gravitaire
APD :	Avant-Projet Détaillé
BA :	Béton Armé
BD :	Base des Données
BDE :	Bordereau de Détail Estimatif
BF :	Borne Fontaine
BV :	Bassin Versant
BSAN :	Bloc Sanitaire
CEG :	Collège d'Enseignement Général
CR :	Commune Rurale
CSB :	Centre de Santé de Base
DGM :	Direction Général de la Météorologie
DLM :	Dispositif de Lave Main
DN :	Diamètre Nominal
EIE :	Etude d'impact environnemental
EPP :	Ecole Primaire Publique
ETP :	Evapotranspiration Potentielle
ESPA :	Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
FTM :	Foibe Taon-tsarintanin'I Madagasikara
GPS :	Global Positioning System
HA :	Haute Adhérence
MECIE :	Mise en Comptabilité des Investissements à l'Environnement
NTU :	Néphélométric Turbidity Unit
ONG :	Organisme Non Gouvernemental
PCD :	Plan communal de développement
pH :	Potentiel Hydrogène
PEHD :	PolyEthylène à Haute Densité
PGE :	Plan de Gestion Environnemental
PPN :	Première produit de nécessité
PN :	Pression Nominale
PU :	Prix unitaire
PVC :	Polychlorure de Vinyle
Réf :	Référence
RN :	Route Nationale
TN :	Terrain Naturel
TRI :	Taux de Rentabilité Interne
TTC :	Toute taxe comprise
VAN :	Valeur Actualisée Nette

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Taille des menages	29
Figure 2 : Nombres d'enfants dans les ménages	29
Figure 3 : Nombre d'enfants scolarisés dans les ménages enquêtés	30
Figure 4 : Principales sources de revenu des ménages.....	30
Figure 5 : Revenu mensuel des ménages.....	31
Figure 6 : Dépenses mensuelles des ménages.....	31
Figure 7 : Points de puisages utilisés par les ménages	32
Figure 8 : Responsable de l'activité de puisage	32
Figure 9 : Coût de l'eau acquittée par les ménages.....	33
Figure 10 : Distance entre le point de puisage et le lieu d'habitation.....	34
Figure 11 : Durée du trajet aller-retour	34
Figure 12 : Mesure de protection des points de puisages publics.....	35
Figure 13 : Consommation d'eau par jour par ménage	36
Figure 14 : Consommation d'eau par jour par personne.....	36
Figure 15 : Contraintes liées à l'accès à l'eau potable	37
Figure 16 : Utilisation d'infrastructure d'assainissement	37
Figure 17 : Moment clés de lavage des mains	39
Figure 18 : Produits utilisés pour laver les mains	39
Figure 19 : Amélioration souhaitée par la population	40
Figure 20 : Tarifs proposés par les ménages.....	41
Figure 21 : Diagramme de Moody.....	68
Figure 22 : Boîte de dialogue des valeurs par défaut	88
Figure 23 : Boîte de Dialogue Options du Schéma.....	89
Figure 24 : Les barres d'outils de l'EPANET	89
Figure 25 : L'éditeur de propriétés.....	91
Figure 26 : Exemple d'un Ajustement des paramètres temporels	93
Figure 27 : Exemple d'un Éditeur de Courbe de Modulation	93
Figure 28 : Résultat graphique de la simulation	96
Figure 29 : Variation du prix de l'eau par m3.....	121

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Carte de localisation de la Commune D'Anjepy	5
Carte 2 : Carte de localisation des Fokontany D'Anjepy	6
Carte 3 : Végétation de la zone d'étude	8
Carte 4 : Carte géologique de la zone d'étude.....	10

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : EPP Antanetibe Sud	17
Photo 2 : EPP Ambodivona	18
Photo 3 : Les Captages d' Ambatomikotrana	21
Photo 4 : Le réservoir	22
Photo 5 : Etat actuelle des conduites.....	23
Photo 6 : Borne fontaine	23
Photo 7 : Latrine dans l'EPP Ambodivona	27
Photo 8 : Latrine familiale	38

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Essai de jaugeage du débit.....	A1
Annexe 2 : Pluviométrie moyenne mensuelle d'Anjepy	A1
Annexe 3 : Détermination de l'évapotranspiration	A1
Annexe 4 : Délimitation du bassin versant	A3
Annexe 5 : Détermination de la conductivité hydraulique dans le bassin de filtration	A4
Annexe 6 : Dimensionnement du réservoir	A6
Annexe 7 : Dimensionnement de la conduite.....	A7
Annexe 8 : Cout estimatif du projet :	A13
Annexe 9 : Calcul de la VAN et TRI :	A32
Annexe 10 : Plans des ouvrages	A33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1 : Population de la commune Anjepy	11
Tableau2 : Population de la zone bénéficiaire du projet	12
Tableau 3 : Les infrastructures	16
Tableau 4 : Inventaires des infrastructures sanitaires	18
Tableau 5 : Caractéristiques du système d' AEPG existant.....	24
Tableau 6 : Diagnostic et solutions envisagées du système d'AEPG existant.....	25
Tableau 7 : Caractéristiques des ressources exploitables	45
Tableau 8 : Population bénéficiaire du projet sur horizon 2036	46

Tableau 9 : Consommation journalière des institutions	47
Tableau 10 : Besoin effectif	47
Tableau 11 : Volume des demandes par rapport à la tranche horaire	48
Tableau 12 : Superficie des bassins versants :	49
Tableau 13 : Coefficient de ruissellement en fonction de la pente et la couverture végétale	51
Tableau 14 : Evapotranspiration potentielle	52
Tableau 15 : Bilan hydrique selon THORNTWAITE.....	53
Tableau 16 : Quantité d'eau infiltrée	53
Tableau 17 : Apport annuel du BV	54
Tableau 18 : Norme de potabilité Malgache.....	56
Tableau 19 : Résultats des analyses de l'eau de la source d'Ambatomikotrana et d'Andohasahakely	58
Tableau 20 : Spécificités des scénarios retenus.....	73
Tableau 21 : Caractéristiques des ouvrages de captage	75
Tableau 22 : Coefficient de consommation journalière	76
Tableau 23 : Capacité théorique du réservoir.....	77
Tableau 24 : Disposition des couches filtrantes.....	79
Tableau 25 : Perte de charge à travers les couches filtrantes	80
Tableau 26 : Dimensionnement de chaque compartiment du bassin de filtration.....	81
Tableau 27 : Passages difficiles	82
Tableau 28 : Récapitulation des conduites	83
Tableau 29 : Coordonnées de l'emplacement des nouvelles bornes fontaines.....	84
Tableau 30 : Les différentes activités prévues pour chaque phase et étape du projet	99
Tableau 31 : Impacts du projet sur les composantes environnementales	103
Tableau 32 : Plan de gestion environnementale	109
Tableau 33 : Récapitulation du cout de projet	114
Tableau 34 : Cout des apports bénéficiaires.....	115
Tableau 35 : Dotation et taux de desserte en fonction des points d'eau.....	116
Tableau 36 : Durée de vie technique des infrastructures.....	117
Tableau 37 : Taux annuels de maintenance et de renouvellement.....	118
Tableau 38 : Charge des personnels	119
Tableau 39: Charge de fonctionnement	119
Tableau 40 : Charges d'investissement.....	120
Tableau 41 :Taux de recouvrement	121
Tableau 42 : Calcul de l'ETP.....	A2
Tableau 43 : Valeur de la porosité	A3
Tableau 44 : Viscosité dynamique.....	A5

INTRODUCTION

L'eau est une source de la vie et de développement, comptée parmi les richesses naturelles les plus précieuses avec une importance considérable pour le développement sociale et économique du pays.

Actuellement, l'expansion démographique et l'élévation du niveau de vie ont engendré une demande accrue en eau potable à Madagascar. À cet effet, plusieurs régions souffrent d'une insuffisance de l'approvisionnement en eau. En 2020, le taux d'accès de la population Malagasy à l'eau potable est à seulement 47%, selon le Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène. Ceci est due à cause : du manque de financement, la faiblesse du pouvoir d'achat de la population qui ne lui permet pas d'avoir de l'eau chez soi, l'insuffisance des ressources en eau à proximité du site face aux besoins, l'irresponsabilité de la population face à la gestion des ressources ainsi que le manque d'entretien et de gestion bien définie des infrastructures déjà mises en place. Par conséquent, bons nombres de personnes sont exposés en permanence aux maladies hydriques. La faiblesse du taux d'accès à l'eau potable par les populations peut donc se présenter comme un problème de santé publique, étant donné que 10 400 Malagasy dont 6 900 enfants de moins de cinq ans, meurent chaque année de diarrhée, à 90% liées à l'impureté de l'eau (Water and Sanitation Program, 2012).

Cette situation préoccupante a poussé WaterAid Madagascar à se consacrer au lancement du projet ARMANI phase 2. Le projet ARMANI, est un projet d'une durée de 3 ans à partir du début du mois d'Avril 2021 jusqu'à la fin du mois de Mars 2023 qui vise à améliorer la condition de vie de la population grâce à l'accès équitable et pérenne à l'eau, à l'assainissement et hygiène.

Le projet d'alimentation en eau dispose ainsi, d'un volet assainissement qui se consacre actuellement au développement de l'accès aux latrines et aux activités de promotion de l'hygiène en milieu scolaire et familial. Le lavage des mains avec du savon pendant les moments critiques (après défécations, ...), l'utilisation effective des latrines hygiéniques et l'hygiène des récipients de collecte et de stockage de l'eau à domicile, fait partie des mesures à mettre en place pour garantir cette hygiène au niveau de la population.

Compte tenu de la vision de WaterAid, « Un monde où tout le monde a partout l'accès à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène en 2030 », les cibles sont toutes les zones qui souffrent de l'accès à l'eau potable, à l'assainissement et l'hygiène (Source : Stratégie de programme Pays, Année 2016-2021)

Située à 44km à l'Est d'Antananarivo, la commune d'Anjepy qui n'est autre que la commune faisant l'objet de cette étude figure parmi les zones d'intervention du projet ARMANI. L'étude s'intitule : « **Contribution à l'étude de renforcement du système d'adduction d'eau potable, de l'Assainissement et Hygiène des Fokontany d'Ambodivona et d'Antanetibe Sud dans la Commune Rurale Anjepy, District de Manjakandriana, Région Analamanga** ».

Cette étude a pour but :

- D'approfondir les acquisitions des données techniques relatives à l'implantation du système AEPG des Fokontany concernés ;
- De concevoir le système AEPG complet des localités suivant les données acquises et le contexte réel des Fokontany ;
- De mettre en place le captage alimentant le système envisagé pour avoir une pérennisation acceptable de l'infrastructure.

Sur la base des études effectuées et suivant les désirs manifestés par les bénéficiaires, l'objectif d'intervention est basé sur les points suivants :

- Assurer à la population un accès universel à l'eau potable et à l'assainissement et hygiène
- Mettre en place un réseau dimensionné à partir du besoin de la population sur un délai d'au moins quinze ans ;
- Considérer l'eau comme étant un patrimoine national par le principe de « non-gratuité » et de gestion structurée.

Le projet consiste à réaliser un programme d'approvisionnement en eau potable (par système gravitaire), assainissement et hygiène pour desservir 2 Fokontany (Ambodivona et Antanetibe Sud) dans la CR Anjepy.

Les 2 Fokontany ont bénéficié des actions suivantes :

- ✓ En termes d'adduction d'eau potable : Seize (16) Bornes Fontaines Communautaires accessibles pour tous ;
- ✓ En termes d'assainissement : Un (01) Latrine Scolaire Hygiénique Institutionnelle à 4 compartiments ;
- ✓ En termes d'Hygiène : Un (01) Dispositif de lave main (DLM) à 6 robinets. Ainsi que des sensibilisations sur la pratique des trois clés messages WASH (lavage des mains avec du savon aux moments critiques, utilisation des latrines hygiéniques, préservation de la potabilité de l'eau depuis le puisage jusqu'à la consommation) et 4H (Hygiène corporelle, Hygiène domestique, Hygiène alimentaire, Hygiène environnementale).

Ce mémoire comporte trois parties :

- ✓ La partie I, qui concerne les caractéristiques de la zone d'étude
- ✓ La partie II, qui consiste à l'étude technique pour la mise en place du système d'adduction d'eau, de l'assainissement et hygiène
- ✓ La partie III, qui présente l'étude d'impact environnemental et économique du projet

CHAPITRE I. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. HISTORIQUE DE LA VILLE¹

La plaine située à l'Ouest du Fokontany d'Anjepy était autrefois un marécage. Faute de canaux d'évacuation, ce marécage était souvent bordé d'eau surtout pendant la saison de pluie ; vue de là-haut, l'eau semblait scintiller. D'où l'origine du nom ANJEPY qui signifie littéralement "là où scintille..."

Anjepy est également surnommé par « Région d'Andrarangaranga ». Ce surnom est tiré par le nom de la montagne situé à l'Ouest de la plaine, la meilleure place où les gens se dirigeaient et observaient leurs ennemis lorsqu'une guerre se déclarait pendant l'époque royale. Des sentinelles restaient en permanence sur chaque colline et se donnaient de signal en cas d'alerte.

Plus tard, cette plaine d'Anjepy devient un endroit où les cheptels bovins venaient s'alimenter surtout pendant la saison sèche. Pour savoir si l'eau se tarissait, il fallait monter vers la montagne et on pouvait regarder de loin l'état de l'eau ; d'où également l'appellation de cette colline ANGARANGARANA.

Le village d'Anjepy a été créé vers l'année 1810. Les habitants sont en majorité d'origine Merina qui, en constatant que les plaines de la région sont beaucoup plus vastes, s'y sont installés.

Avant 1947, Anjepy était un des quartiers du canton d'Ambatomena. Randriamitandrina, Rasoarahona et Randrianatoandro furent successivement les "Mpiadidy" du village.

De 1948, Anjepy devenait un village du canton de Carion. Ce fut le tour de Ranaivongita succédé de Randriamitandrina qui se chargeait d'administrer le village.

En 1978, Anjepy devenait un Firaisampokontany.

Depuis 1996, Anjepy porte de statut d'une Commune de 2^{ème} catégorie "Commune Rurale"

¹ **Source :** PCD Commune Anjepy, Année 2020

I.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE

I.2.1. LOCALISATION DE LA ZONE D'INTERVENTION

La commune rurale d'Anjepy se situe à 44 km à l'Est de la ville d'Antananarivo et fait partie des vingt-cinq (25) communes du District de Manjakandriana, dans la Région d'Analamanga, Province d'Antananarivo. Elle est accessible en voiture, depuis la ville d'Antananarivo, en suivant la route nationale RN2 sur une distance de 38Km puis en prenant une bifurcation à gauche pour une piste de 6 Km.

S'étendant sur une superficie de 48,20 Km², la Commune rurale d'Anjepy abrite 12 Fokontany dont : Ambodivona, Ambohibary, Anjepy, Anjozoro, Antananarivokely, Antanetibe Sud, Antanetibe Nord, Manankavaly, Mandritsara, Miarina, Soamalaza et Tsarahonenana.

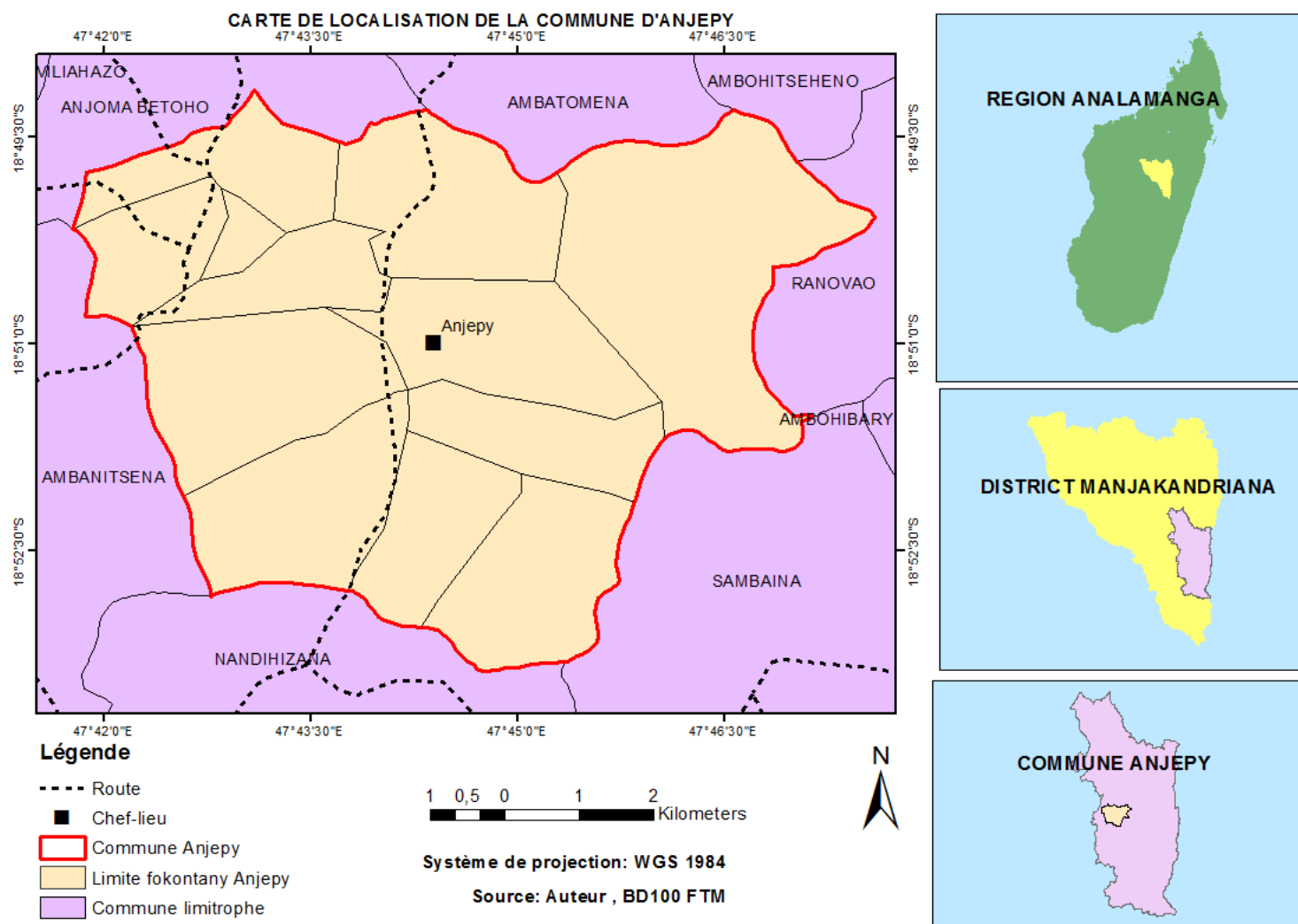
Regroupement de plusieurs Fokontany en une division territoriale ; il est devenu « la Commune » plus tard. Le Fokontany, lui-même, est constitué par plusieurs villages.

Elle est délimitée :

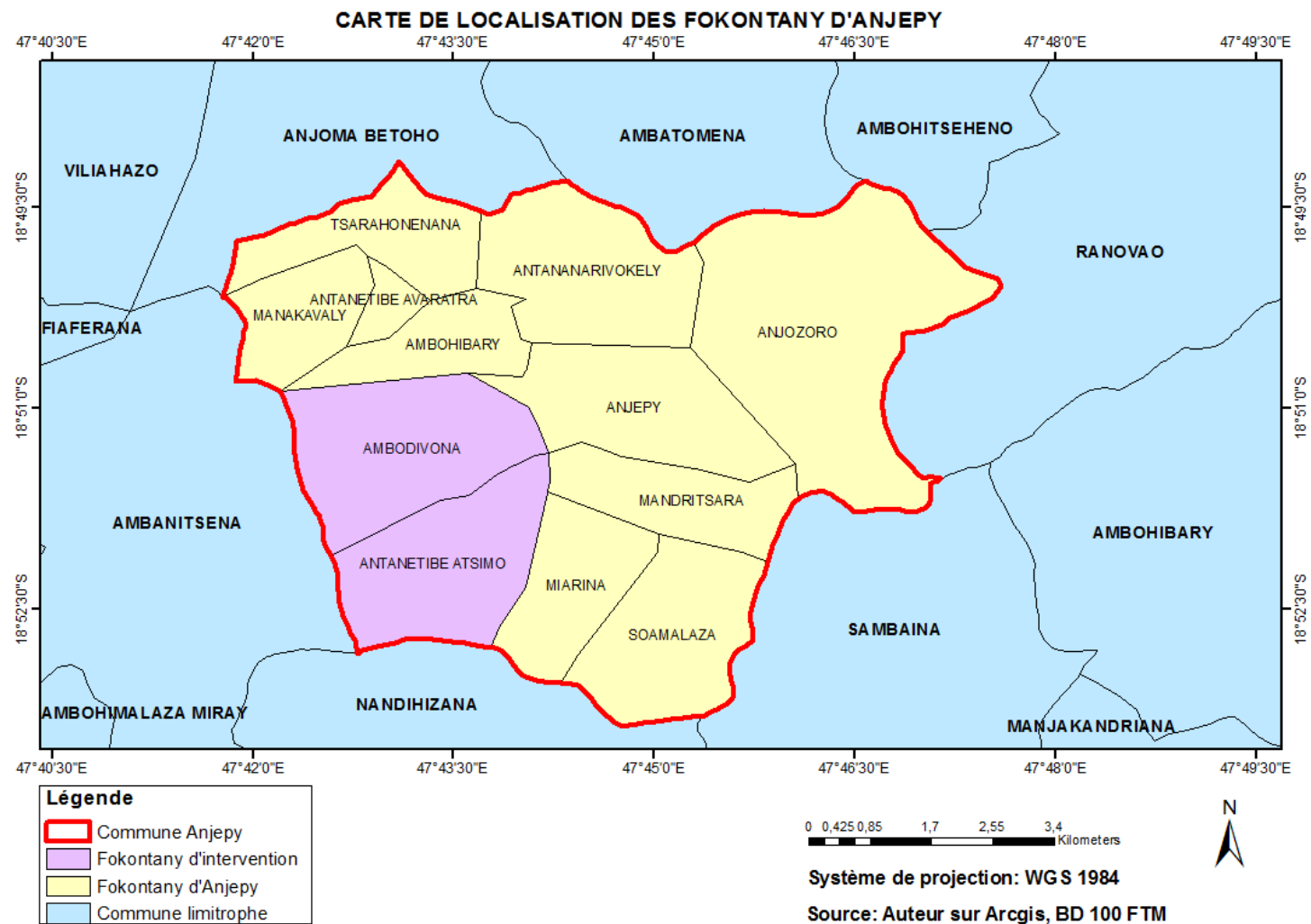
- Au Nord par la commune rurale d'Anjoma Betoho, Ambatomena et Ambohitseheny ;
- A l'Ouest par la commune rurale d'Ambanintsena;
- A l'Est par la commune rurale de Sambaina et Ranovao;
- Au Sud par la commune rurale de Nandihizana.

Le bureau de la Mairie est localisé aux points de coordonnées suivantes : 18°50'52,27"S/ 47°44'0,11"E : à 1481m d'altitude.

Les figures ci-après montrent la position de la commune, des Fokontany à chaque échelle administrative.



Carte 1 : Carte de localisation de la Commune D'Anjepy



Carte 2 : Carte de localisation des Fokontany D'Anjepy

I.2.2. DEGRE D'ACCESSIBILITE

Le Fokontany d'Anjepy, chef-lieu de la commune, est accessible en voiture depuis Antananarivo en empruntant la route nationale RN2, ensuite en prenant la première bifurcation après passage de Fokontany Maharidaza (commune Nandihizana) pour une piste communale de 6 Km. Depuis la bifurcation, l'accès y est une route en terre, praticable pendant toutes les saisons.

En général, les Fokontany de la commune sont tous reliés et aussi accessibles par véhicule pendant toutes les saisons de l'année grâce à la piste communale en bonne état.

I.3. DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE**I.3.1. RELIEF ET VEGETATION²**

La commune rurale d'Anjepy appartient à la frange orientale des hautes terres. La géomorphologie est mixte et complexe, composée de plaines (fossé et bas fond des vallées) entrecoupées par des collines dont les bassins versants aboutissent généralement dans les berges de plusieurs cours d'eau de grandes dimensions.

Le relief autour de la plaine d'Anjepy est formé par des collines coupées par des chaos des boules granitiques.

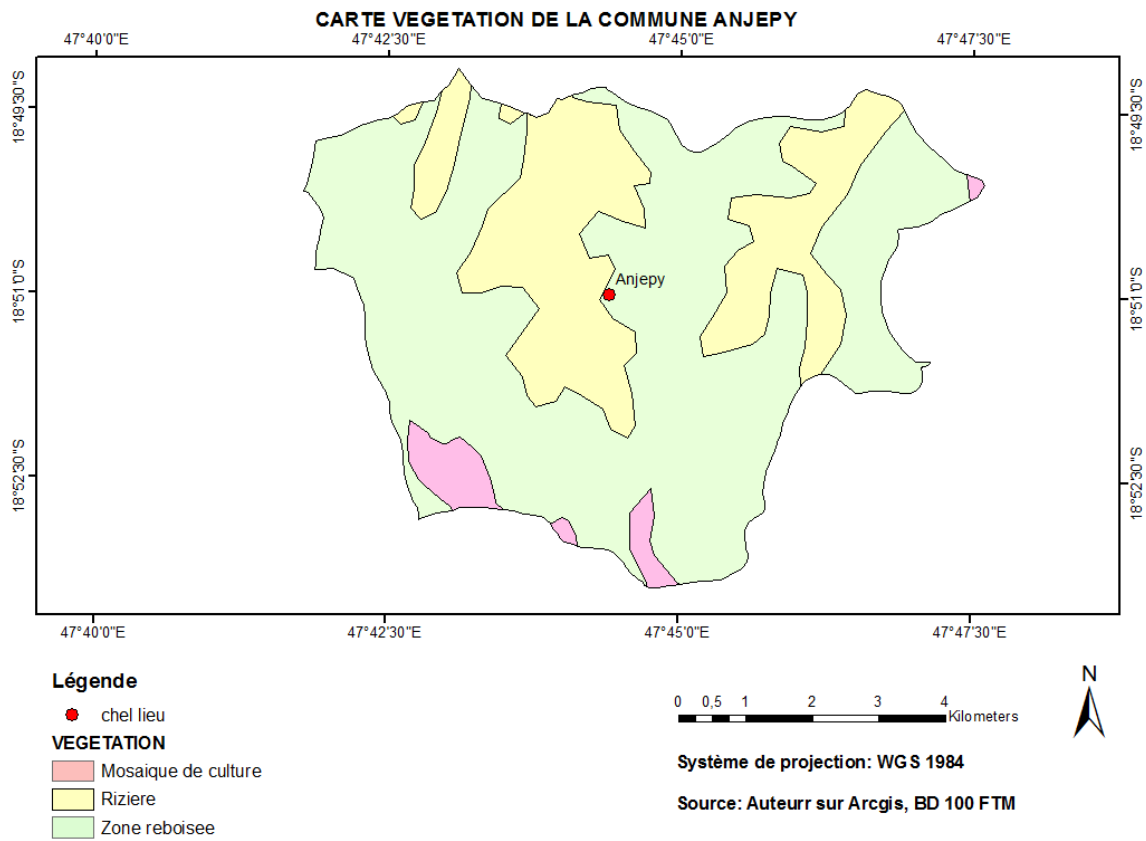
La topographie est relativement accidentée dont la répartition globale se présente comme suit :

- Pente forte supérieure à 15 % (1633 ha) soit 34 % de la superficie totale de la Commune
- Pente inférieure à 15% (3182 ha) soit 66 % de la superficie totale de la Commune

L'altitude moyenne varie de 1 400 à 1654 mètres.

La végétation y est verdoyante. 72% de la superficie de la zone sont de zones reboisées à dominance du genre Eucalyptus. Les bas-fonds sont en général occupés par des rizières ou par des cultures de contre saison. Les versants non reboisés et les zones non cultivés sont couverts par des formations graminéennes. Sur des collines d'une altitude moyenne de 1450m, les habitations s'implantent.

² **Source :** PCD Commune Anjepy, Année 2020



Carte 3 : Végétation de la zone d'étude

I.3.2. CLIMAT

Les données climatiques d'Ambohimangakely sont utilisées pour décrire le contexte climatique d'Anjepy, vu que c'est la station la plus proche de la zone ayant des données complètes disponibles. (Une série de données de 1998 à 2014)

La commune rurale d'Anjepy est influencée par un climat de type tropical d'altitude humide et frais et est marquée par deux saisons différentes :

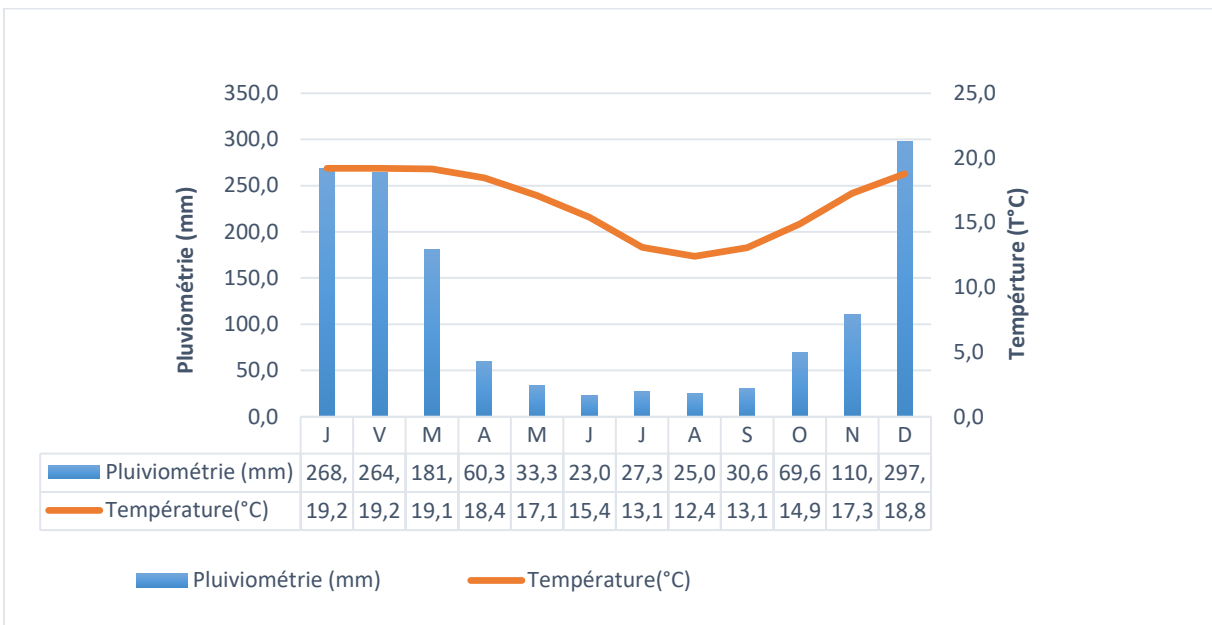
- Une saison sèche qui s'étale d'avril à septembre
- Une saison humide qui va d'octobre à Mars

I.3.2.1. Température :

La température moyenne annuelle est de 16,5°C avec un maximum de 19,2°C au mois de Janvier et Février, un minimum de 12,4°C au mois d'Aout.

I.3.2.2. Pluviométrie

Les précipitations jouent un rôle important dans la réalimentation de la nappe. Pour Anjepy, les précipitations moyennes annuelles sont d'environ 1392mm réparties inégalement durant l'année. Les pluies durant la saison humide représentent 86% du total annuel, soit 1192,2mm. Le mois de Décembre est le plus pluvieux avec une précipitation moyenne de 297,9mm. Durant la saison sèche, le pourcentage des pluies total est de 14%, soit 199,5mm. Août est le mois le moins humide avec 25mm. La moyenne mensuelle est de 116mm.



I.3.3. HYDROGRAPHIE :

Des nombreux cours d'eau traversent les Fokontany. La commune dispose de vastes bassins hydrologiques favorisant l'écoulement et le déversement dans les grands cours d'eau. Les cours d'eau se forment à partir des sources d'altitude, suivant la topographie et s'écoulant le long des versants. Ces eaux d'altitudes alimentent les bas-fonds pour la riziculture ou s'écoulent directement vers la rivière.

En général, le réseau hydrographique de la commune est formé par :

- Nombreux ruisseaux ;
- Des 3 rivières principales qui drainent en grande partie la commune : Côté Manankavaly (Ouest), Mandena (Au centre) et Anjozoro (Est) ;
- Des plans d'eau représentés par des lacs plus ou moins isolés du côté d'Antanetibe Atsimo, d'Ambodivona et de Manankavaly.

Le régime hydrologique est caractérisé par des crues bien alimentées en saison pluvieuse et fortement sec en saison sèche (**Source** : PCD Commune Anjepy, Année 2020).

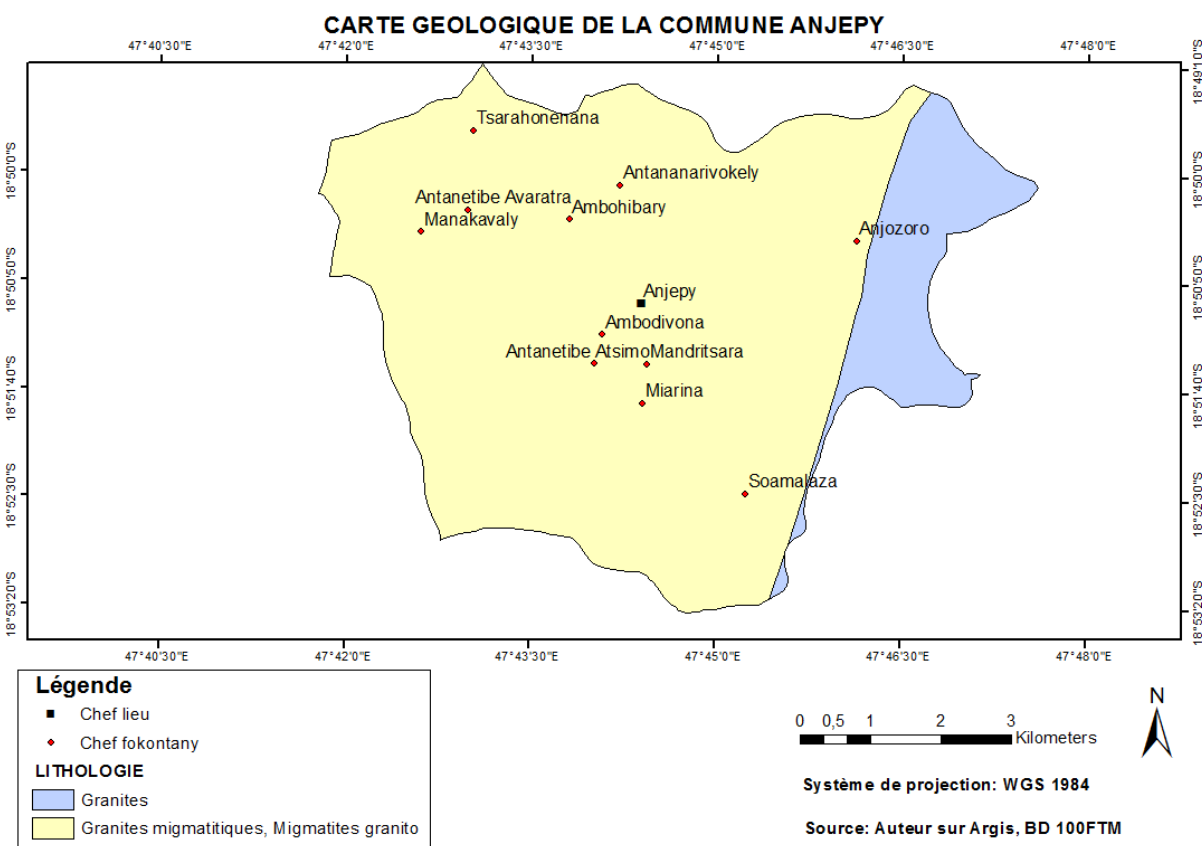
I.3.4. GEOLOGIE :

La géologie est caractérisée par deux structures bien distinctes :

- Des structures anciennes : socle cristallin, datant du précambrien
- Des structures récentes : roche sédimentaire

La zone de socle, s'étendant dans tous les Fokontany, est composée par des granites, des granites migmatitiques et des migmatites granitiques. Les formations récentes sont constituées par des alluvions et des sables, et sont observées le long des rivières.

La figure suivante représente ces formations.



Carte 4 : Carte géologique de la zone d'étude

I.3.5. DEMOGRAPHIE :

L'étude démographique sert à dimensionner les ouvrages à mettre en place. Le nombre de la population, le taux d'accroissement ainsi que la répartition spatiale sont parmi les facteurs principaux utiles pour établir les prévisions de la demande en eau.

D'après les données obtenues auprès de la commune d'Anjepy, la commune abrite 10 250 habitants en 2020. (Source : PCD Anjepy 2020)

Le tableau ci-après présente la répartition de la population dans les 12 Fokontany de la Commune.

Tableau1 : Population de la commune Anjepy

Fokontany	Population totale	Ménages	Population masculine	Population féminine
AMBODIVONA	588	139	310	278
AMBOHIBARY	909	195	409	500
ANJEPY	1237	271	607	630
ANJOZORO	3339	672	1650	1689
ANTANANARIVOKELY	879	197	450	429
ANTANETIBE NORD	601	95	320	281
ANTANETIBE SUD	512	96	260	252
MANANKAVALY	161	53	79	82
MANDRITSARA	257	52	133	124
MIARINA	767	129	380	387
SOAMALAZA	488	80	215	273
TSARAHONENANA	512	100	254	258
TOTAL	10250	2079	5067	5183

Source : PCD Commune Anjepy, Année 2020

Il découle de ce tableau que la commune est densément peuplée, dominée par des femmes, avec une densité de 213 habitants/Km². Par rapport aux ménages, la taille moyenne est de 5 personnes.

Sa population est composée essentiellement des *Merinas* mais on y trouve également d'autres groupes ethniques.

A première vue, la population se concentre au niveau des Fokontany d'Anjepy (12% de l'effectif total) et d'Anjozoro (33% de l'effectif total). Ceci s'explique par le fait qu'Anjepy est le chef-lieu de la commune et qu'Anjozoro s'étend sur une vaste superficie de la zone.

Concernant les 2 Fokontany (Antanetibe Sud et Ambodivona) faisant l'objet de cette étude, l'effectif total de la population passe de 796 en 2006 (PCD Anjepy, 2006) à 1100 en 2020 (PCD Anjepy 2020). Le taux d'accroissement est donc estimé à 2,3%.

Le tableau ci-après présente le nombre de population utilisé dans le cadre du projet.

Tableau2 : Population de la zone bénéficiaire du projet

Fokontany	Population	
	2020	2021
Antanetibe Sud Ambodivona	1100	1126

CHAPITRE II. ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE

II.1. INTRODUCTION

L'étude socio-économique a pour objet de déterminer la situation sociale, économique, organisationnelle et culturelle de la zone d'intervention. Elle a aussi pour but de mieux concevoir une approche pragmatique dans le cadre de la sensibilisation et la dotation d'infrastructure d'eau et d'assainissement.

Cette étude consiste à faire un diagnostic de la situation d'accès à l'eau potable, à l'assainissement et à l'hygiène de la population avec tous les facteurs économiques, sociaux et culturels régissant ces aspects ainsi que les organisations sociales.

Pour la réalisation de cette étude, l'approche utilisée comprend :

- L'exploitation de la documentation existante et disponible ;
- La réalisation d'enquêtes sur terrain par des entretiens auprès des autorités locales et auprès des quelques villageois.

II.2. DEROULEMENT DE L'INTERVENTION

II.2.1. Liste des personnes rencontrées :

La collecte des données a été réalisée auprès des entités suivantes :

- L'équipe communale représentée par le Maire d'Anjepy ;
- Les présidents des Fokontany concernés, dont Ambodivona et Antanetibe Sud ;
- Les représentants des entités évangéliques et établissements scolaires ;
- Quelques ménages bénéficiaires du projet

II.2.2. Méthode d'intervention :

Durant l'intervention sur terrain, l'enquête s'est effectuée en trois étapes :

- Visite de courtoisie auprès des autorités locales : Maire de la commune rurale d'Anjepy et les Chefs de Fokontany
- Les institutions administratives : établissements scolaires.
- Enquêtes au niveau des ménages bénéficiaires du projet

De ces enquêtes, nous avons pu établir une analyse de la situation socio-économique de la Commune.

II.3. SITUATION SOCIO-ECONOMIQUE ACTUELLE DE LA COMMUNE

II.3.1. ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES :

Malgré l'insuffisance de surface à cultiver (72% de la superficie sont occupées par des forêts d'eucalyptus) et l'appauvrissement du sol (le sol à fertilité élevée n'occupe que le 9% de la superficie totale), l'agriculture reste la principale activité des paysans.

L'agriculture est fréquemment appuyée par des petits élevages, où 72% de la population pratiquent ces deux activités en complémentarité (agriculture et élevage).

En outre, comme la commune fait partie du district de Manjakandriana, sa particularité réside également dans l'exploitation du bois.

D'autres activités y sont visibles comme l'artisanat et le commerce.

II.3.2. L'AGRICULTURE :

L'agriculture constitue la principale activité de la population d'Anjepy où la culture du riz occupe la première place. La riziculture constitue la source principale de revenu des habitants.

A part la culture de riz, à la fin de la période de pluie, les gens pratiquent la culture vivrière comme le manioc, le haricot, la patate douce, le Taro, les pommes de terre et des légumes. Ces types d'exploitation constituent une source supplémentaire de revenu et de complément alimentaire pendant la période de soudure.

Par rapport à l'ensemble de la population et ses activités à majorités agricoles, les surfaces disponibles ne suffisent pas à satisfaire leurs besoins. Même pour l'autoconsommation, la production reste insuffisante, le rendement est faible. Cela est dû à la persistance des techniques traditionnelles.

II.3.3. L'ÉLEVAGE :

Comme l'agriculture, l'élevage tient aussi une place importante dans les activités des villageois d'Anjepy. Ces deux activités sont complémentaires.

L'élevage se fait de manière limitative à cause de l'insuffisance de moyens financiers ou du manque de formation sur la technique d'élevage intensive. Les types d'élevage les plus courants sont celle des bovins, des porcs, des volailles.

Les zébus sont utilisés pour les travaux de champs, tandis que les porcs et les volailles sont vendus au marché sans calendrier précis et apparaissent comme un recours pour faire face aux difficultés de trésorerie. La production laitière contribue également au revenu du ménage mais d'une infime part.

La zone est aussi connue, puisqu'elle fait partie du district de Manjakandriana, comme principale zone de production du miel. L'apiculture est une activité assez courante pour les

communautés. La récolte se fait pendant la floraison des Eucalyptus c'est-à-dire entre la fin du mois de juillet et mi-octobre. Le miel est aussi vendu auprès du marché local mais ne constitue pas encore un moyen de subsistance permanent.

A cause des différentes contraintes du secteur élevage, ce type d'activité ne peut pas être considéré comme de principale activité de revenu des villageois.

II.3.4. LE COMMERCE :

Lors de la descente sur terrain, des épiceries sont visibles avec aussi quelques gargotes pour effectuer des échanges d'informations et pour l'approvisionnement des produits de premières nécessités (PPN). Les produits (produits agricoles et produits de l'élevage) sont vendus au marché local implanté au niveau du chef-lieu. Le jour du marché est le mardi.

II.3.5. AUTRES ACTIVITÉS :

Hormis des activités citées précédemment, l'exploitation des ressources forestières, l'artisanat et la pêche figurent parmi les activités des certains villageois de la commune. Comme toutes autres activités, ce dernier participe aux sources de revenus de villageois.

L'exploitation des ressources forestières se fait de manière informelle. Même en connaissance de l'effet de la déforestation, les gens sont obligés d'exploiter pour leur survie.

En ce qui concerne l'artisanat, l'insuffisance des formateurs artisanaux limite l'enthousiasme des femmes à se baser sur ce secteur.

II.3.6. INFRASTRUCTURES SOCIO-ÉCONOMIQUES DE BASE :

II.3.6.1. Les infrastructures :

Pour démarrer un développement acceptable de la population, la commune d'Anjepy possède les infrastructures des bases à l'instar de l'école, le route et etc...). Le tableau suivant montre les infrastructures en place.

Tableau 3 : Les infrastructures

N° D'ORDRE	DOMAINES	INFRASTRUCTURES
1	Administration	1 Bureau de la commune 12 Bureau du Fokontany 1 Bureau de la Poste
2	Education	1 Lycée Privé (Ambodivona) 2 CEG 2 Collèges Privés 11 EPP 6 Ecole Privées
3	Santé	1 CSBI 1 CSB II 1 CHU
4	Eau, Assainissement, Hygiène	72 bornes fontaines dont 12 non fonctionnelles 53 puits non équipés de pompes
5	Commercial	1 Marché (à Anjepy)
6	Sport et loisirs	2 Bibliothèques non fonctionnels (à Anjepy) 1 Complexe sportif 1 terrain de basket 5 terrains de foot
7	Réseaux routiers	Routes et pistes rurales accessibles toute l'année : 17,44Km Routes praticables de façon temporaire : 19Km
8	Communication	Réseaux téléphoniques : ORANGE, TELMA, AIRTEL Audio-visuel : toutes les stations radiophoniques et toutes les chaînes télévisions de la Capitale et de Manjakandriana
9	Sécurité	1 poste de gendarmerie
10	Socio-culturelles	3 églises EKAR 5 églises FJKM 9 autres édifices religieux

(Source des données : PCD Anjepy, 2020)

II.3.6.2. Education :

En termes d'éducation, d'après les données retenues auprès de la commune (PCD Anjepy, 2020), tous les Fokontany disposent d'au moins une infrastructure éducative sauf les Fokontany de Miarina et Mandritsara. Grâce à l'existence de ces établissements implantés au niveau des Fokontany, le taux de scolarisation est assez élevé ; seulement 2% de la population sont illettrés.

Concernant les Fokontany d'intervention, chaque Fokontany dispose d'une EPP. D'ailleurs, à part l'école primaire publique, le Fokontany Ambodivona possède de plus d'un lycée privé. Dans les deux Fokontany, seuls les établissements publics ont accès à l'eau grâce à l'existence de bornes fontaines installées au niveau de leurs enceintes.

En termes d'assainissement et hygiène, ils sont tous dotés chacun des latrines ainsi que des douches mais en état vétuste.

L'EPP d'Antanetibe Sud est formée par 2 bâtiments, comprenant 5 salles. Elle accueille 64 élèves sous la responsable des 4 enseignants.



Photo 1 : EPP Antanetibe Sud

L'EPP Ambodivona, quant à elle, est formée par 2 bâtiments, comprenant 5 salles. Le nombre d'inscrits était de 62, en 2020 et les enseignants sont au nombre de 4.



Photo 2 : EPP Ambodivona

II.3.6.3. Santé

Parmi les 12 Fokontany qui constituent la commune, seuls trois, à savoir Anjepy, Anjozoro et Manakavaly disposent des infrastructures sanitaires au niveau de leurs territoires afin d'améliorer l'état de santé des habitants.

Pour le cas des autres, les gens sont obligés de se rendre à pied ou par motocyclettes vers le Fokontany ayant un CSB le plus proche.

Tableau 4 : Inventaires des infrastructures sanitaires

Désignation	Localisation	Etat	
Centre de Santé de Base I	Anjozoro	Mauvais	Fonctionnel
Centre de Santé de Base II	Anjepy	Mauvais	Fonctionnel
Centre hospitalier Universitaire	Manankavaly	Moyen	Fonctionnel

Source des données : PCD Anjepy, 2020

II.3.6.4. Réseau hydroagricole :

La commune est dotée de 12 barrages de retenue, servant à irriguer des parcelles de culture, dont 8 sont construits en béton et 4 construits en terre. Parmi eux, un seul reste non fonctionnel tandis que les 11 autres fonctionnent encore à merveille mais en mauvais état.

Comme la population est très dépendante des activités agricoles, la réhabilitation de ces barrages devrait être figuré dans les plans d'action de la commune pour développer ce secteur économique.

II.3.6.5. Réseau d'AEP et électrification :

Actuellement, Anjepy bénéficie d'un réseau d'électricité du JIRAMA. Cependant ce réseau ne couvre que partiellement la commune. En revanche, certaines habitations possèdent d'un éclairage alimenté par un système photovoltaïque. Les restes font recours soit aux bougies, soit aux lampes à pétroles pour assurer leur besoin en énergie ou en éclairage à l'intérieur de leur habitation.

Concernant le réseau d'AEP, la commune d'Anjepy est dotée de 6 réseaux d'adduction d'eau potable dont l'un d'entre eux dessert les deux Fokontany faisant l'objet de cette étude (Antanetibe Sud et Ambodivona) ; malheureusement le système complet est actuellement semi-fonctionnel et n'arrive plus à couvrir les besoins de la population.

II.3.6.6. Voies d'accès et communication :

Les Fokontany sont tous liés par des pistes communales. En outre, l'existence de ces sentiers en bon état, praticables en toutes saisons de l'année présente une potentialité de la zone, rendant facile le débouché des produits ainsi que le transport des matériaux pour l'approvisionnement d'un quelconque projet.

Quant à la télécommunication, les trois réseaux de téléphone mobile existant à Madagascar (Orange, Airtel et Telma) couvrent Anjepy.

Du point de vue audio-visuel, toutes les stations radiophoniques et toutes les chaînes de télévision de la capitale et de Manjakandriana peuvent être captées dans les localités.

II.3.6.7. Situation socio-culturelle :

En termes d'édifices religieux, le christianisme est en pleine expansion dans la commune. Diverses églises y sont visibles : trois (03) églises catholiques, quatre (04) protestants ou FJKM et neuf (09) autres églises réformées.

La religion traditionnelle est presque délaissée.

II.3.6.8. Organisme intervenant dans la zone :

A part le projet ARMANI intervenu par WaterAid Madagascar, plusieurs projets ou organismes d'appui, œuvrant dans différents domaines interviennent dans la Commune. Pour les 20 dernières années, 17 organismes ont œuvré pour le développement social et économique de la Commune rurale d'Anjepy, entre autres : APADRA, AFIBERIA, PROSPERER, etc....

II.4. FOKONTANY CONCERNES PAR LE PROJET

Parmi les Fokontany qui constituent la commune d'Anjepy, Antanetibe Sud et Ambodivona sont les deux Fokontany concernés par le projet.

Ils sont voisins et sont repérés aux coordonnées géographiques suivantes :

- Antanetibe Sud : 18°51'34,59"S/ 47°44'0,01"E; à 1514 m d'altitude
- Ambodivona : 18°51'15,81"S/ 47°44'4,02"E. à 1495 m d'altitude.

Ensemble, dénombrent une population égale à 1 100, soit 11% de l'effectif de la commune.

En termes sanitaires, ils ne disposent d'aucune infrastructure adéquate, par conséquent les habitants se rendent vers Anjepy pour se faire soigner. En termes d'éducation, deux (2) établissements publics et un établissement privé y sont implantés, ils ne sont pas encore équipés par des latrines hygiéniques.

II.4.1. DESCRIPTION DES OUVRAGES D'AEP EXISTANT

Actuellement, les villages d'Ambodivona et d'Antanetibe Sud sont encore alimentés par un système AEPG. L'infrastructure a été construite par l'ONG FIKRIFAMA en 1988. Le système est fonctionnel mais pour des horaires réduits à cause des quantités du débit disponible limitées.

Le système complet est composé de deux boîtes de captages, d'un réservoir en béton armé et onze (11) bornes fontaines. Aucun document indiquant le plan du réseau n'a été repéré au bureau de la Mairie. Lors de l'intervention, des piquages par GPS et levé topographique par station totale du tracé des conduites ont été effectués afin d'obtenir le plan du réseau.

II.4.1.1. Le système de captage

Le système capte les sources d'émergence situées à l'Ouest des villages, précisément à Ambatomikotrana, environ 20 mn de marche depuis l'EPP d'Antanetibe Sud.

Le captage est formé par deux boîtes en béton armé installés sur un seuil rocheux dont les deux ouvrages ont les mêmes caractéristiques suivantes :

- Largeur externe : 1,26 m
- Longueur externe : 1,45 m
- Largeur interne : 0,87 m
- Longueur interne : 0,67 m



Photo 3 : Les Captages d' Ambatomikotrana

Visiblement, très peu d'eau arrive dans l'ouvrage et la quantité qui s'y trouve n'arrive plus à satisfaire le besoin de la population actuelle surtout pendant la période d'étiage.

Une fois captée, l'eau est transférée directement vers un réservoir en béton armé situé proche de l'EPP Antanetibe Sud, sans passer à aucun traitement physique.

II.4.1.2. Le réservoir de stockage

Pour le stockage d'eau, il est construit en béton armé, de forme circulaire, au ras du sol, de capacité 24m³. Le réservoir a les dimensions suivantes :

- Diamètre : 3,5 m
- Hauteur : 2,5 m



Photo 4 : Le réservoir

Le réservoir est encore fonctionnel et ne présente d'aucune fuite ou fissure malgré son âge lors de l'observation sur terrain. Toutefois, il nécessite d'une réhabilitation, vu que l'état de l'enduit externe est mauvais. Il est équipé par un regard de dimensions 65 m x 65 m x 65 m construit en maçonnerie de brique. Le tuyau d'entrée est un tuyau galvanisé 26/33 tandis que la sortie est double, constituée par des tuyaux galvanisés 33/42.

II.4.1.3. Les conduites

L'amenée est constituée par une conduite en PEHD PN10 de diamètre nominale 32 mm. Sur des passages difficiles c'est-à-dire passage sous piste ou passage sur seuil rocheux. Les so-disant conduites sont galvanisées et presque rouillées.

En ce qui concerne les conduites de distribution, les principales sont constituées par un tuyau en PEHD PN10 DN40 et PEHD PN10 DN32.

Malgré le fait que les deux conduites (amenées ou distributions) sont encore fonctionnelles, elles sont très vulnérables à cause de ses états apparents et une grande partie fissurée.



Photo 5 : Etat actuelle des conduites

II.4.1.4. Les bornes fontaines

La distribution de l'eau est assurée par 11 bornes fontaines. Elles sont toutes fonctionnelles et ont déjà subi une réhabilitation grâce à la volonté de certains donateurs. Tous les points d'eau sont clôturés, et la plupart est encore en bon état.



Photo 6 : Borne fontaine

Tableau 5 : Caractéristiques du système d' AEPG existant

Type	Coordonnées géographiques		Altitude	Etat
Captage	18°51'15,40"S	47°43'27,83"E	1552 m	Fonctionnel
Réservoir	18°51'37,74"S	47°43'51,02"E	1525 m	Fonctionnel
BF1	18°51'35,68"S	47°43'55,07"E	1521 m	Fonctionnel
BF2	18°51'34,83"S	47°43'58,49"E	1517 m	Fonctionnel
BF3	18°51'32,05"S	47°43'58,17"E	1510 m	Fonctionnel
BF4	18°51'30,38"S	47°43'59,42"E	1510 m	Fonctionnel
BF5	18°51'25,54"S	47°43'59,91"E	1504 m	Fonctionnel
BF6	18°51'24,75"S	47°44'3,26"E	1505 m	Fonctionnel
BF7	18°51'22,00"S	47°44'6,25"E	1502 m	Fonctionnel
BF8	18°51'20,94"S	47°44'2,06"E	1499 m	Fonctionnel
BF9	18°51'14,68"S	47°44'2,48"E	1494 m	Fonctionnel
BF10	18°51'12,80"S	47°44'3,60"E	1491 m	Fonctionnel
BF11	18°51'11,20"S	47°44'2,77"E	1487 m	Fonctionnel

Source : Auteur**II.4.2. ORIGINES DES PROBLEMES**

Parmi les principales origines de la dégradation de ces réseaux, nous pouvons citer entre autres :

- ✓ La vétusté des réseaux d'adduction d'eau ;
- ✓ La mauvaise gérance des réseaux et insuffisance des mesures d'entretien ;
- ✓ L'inexistence de DINA ou de règlement intérieur pour la protection des ouvrages ;
- ✓ Etc.

II.4.3. DIAGNOSTIC ET SOLUTIONS ENVISAGEES

Tableau 6 : Diagnostic et solutions envisagées du système d'AEPG existant

Au niveau de	Observations	Propositions
Ressources	L'apport est insuffisant pour satisfaire la demande en eau actuelle et future.	Recherche d'une autre source d'appoint
Captages	Très peu d'eau arrive dans l'ouvrage. Une perte d'eau est visible sous l'ouvrage, lors de l'observation. L'eau dans l'ouvrage est de couleur noire, ce qui est dû à l'intrusion des feuilles d'eucalyptus.	Démolition totale de l'ouvrage et construction d'un ouvrage de captage
Stockage d'eau	L'état de l'enduit externe est mauvais et présente des fuites. La chambre de vanne nécessite une réhabilitation.	Pose d'enduit étanche et antifuite Réhabilitation de la chambre de vanne
Conduites	Beaucoup des tronçons sont dans un état apparent ou fissuré.	Conception et implantation de nouveau réseau de distribution
Bornes fontaines	Les clôtures sont assez ravagées.	Réhabilitation des clôtures et mise en place de rampes d'accès.

II.4.4. TAUX D'ACCES A L'EAU POTABLE

Le Sommet Mondial pour l'Enfance a adopté une définition standardisée de l'eau salubre. L'eau est considérée comme salubre lorsqu'elle provient des sources suivantes :

- Les robinets installés à l'intérieur ou à l'extérieur du logement ;
- Les bornes fontaines ou robinets publics ;
- Les puits/forages équipés de pompes ; et
- Les puits couverts ou protégés.

Les zones bénéficiaires du projet sont dotées d'un réseau d'alimentation en eau potable depuis 1988 construit par l'ONG FIKRIFAMA. Le volet infrastructure en AEP et leur degré de fonctionnalité sont décrits à chaque détail précédemment dans ce rapport. Cependant vu la croissance démographique et la vétusté des infrastructures, l'offre n'est plus proportionnelle à la demande en eau. Il en est de même pour les Fokontany qui disposent d'un système AEP ou des points d'eau améliorés.

Pour les autres qui ne possèdent d'aucune infrastructure en eau potable, les habitants s'approvisionnent en eau directement au niveau des ruisseaux, dans des puits traditionnels qui sont toutes des sources non propres à la consommation humaine (ni améliorées ni protégées).

Cette situation met en doute le taux d'accès à l'eau potable de la commune.

II.4.5. GESTIONS DES POINTS D'EAU ET TARIFICATION

Aucune gestion bien définie n'a été instaurée pour pérenniser l'infrastructure en place. L'organisation entre les habitants et le Fokontany est la seule décision qui prend en charge le maintien irrégulier pour la réparation en cas de panne ou bouché.

Un paiement forfaitaire de 1000ar/mois/ménage est obligatoire afin de maintenir le système en marche. Malheureusement, le suivi des paiements et la gestion des fonds ne sont pas bien définis. De plus, les travaux d'entretien et de réparation des réseaux font défaut.

Pourtant, la mise en place d'une entité structurée responsable de la gestion de l'eau et des ouvrages constitue un des critères à satisfaire pour bénéficier de ce programme. A cet effet, des campagnes IEC seront à réaliser dans les Fokontany d'Antanetibe Sud et Ambodivona pour :

- Présenter à la population le programme WASH de Ministère de l'Eau de l'Assainissement et de l'Hygiène (MEAH) et des critères à satisfaire pour en bénéficier ;
- Informer la population sur l'importance de l'intervention d'un organisme ou entité privée pour assurer la gestion et l'entretien du réseau d'adduction d'eau (affermage);
- Initier la population sur l'importance de l'eau comme étant un patrimoine national et du principe de « non-gratuité » ;
- Informer la population sur les divers types de gestion de patrimoine et l'appuyer dans la mise en place d'une structure de gestion de l'eau adaptée à la commune locale.

II.4.6. ACCES A L'ASSAINISSEMENT

L'assainissement doit aller en paire avec l'AEP en tant que service de base pour que les objectifs du développement puissent être atteints.

Les Fokontany constituant la commune sont hors de la défécation à l'air libre. Chaque ménage possède au moins une latrine.

Les établissements en possèdent également mais en mauvais état. En outre, des latrines publiques se voient dans la commune.



Photo 7 : Latrine dans l'EPP Ambodivona

II.5. PROBLEMES EVOQUES ET DESIDERATA DES BENEFICIAIRES

II.5.1. PROBLEMES EVOQUES EN TERMES D'ACCES EN EAU POTABLE :

Le réseau d'AEP d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona va avoir maintenant 33 ans. Actuellement, malgré le fonctionnement du réseau, ce dernier ne puisse guère satisfaire le besoin de la population en raison de l'accroissement démographique et de la vétusté des infrastructures. Le débit au bout du robinet est très faible, les quantités disponibles sont limitées. Les habitants sont obligés de faire la queue au niveau des points d'eau. Cette situation amène à la diminution de temps pour les activités génératrices de revenu. Par conséquent, certains villageois préfèrent s'approvisionner au niveau des puits, qui sont des sources non propres à la consommation humaine.

II.5.2. DESIDERATA DES BENEFICIAIRES :

Malgré le fait que les Fokontany disposent d'un système AEPG, le service d'eau présente une défaillance et les habitants ont des difficultés liées à l'accès à l'eau potable. La population et la commune n'auront jamais les moyens pour faire les travaux de réhabilitation sans subvention externe.

Ainsi, le principal souhait de la population est premièrement, la remise en fonctionnement normal de toutes les bornes en fournissant une eau potable c'est-à-dire fraîche, limpide, incolore, inodore aérée et exempte de matières organiques et deuxièmement, dans la

mesure du possible, créer d'autres points d'eau afin de diminuer la perte de temps liée à la corvée d'eau.

L'initiative de WaterAid Madagascar, par le biais de la Direction Régionale du Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène, ce projet de réhabilitation et l'extension du réseau a séduit la population locale qui a longtemps, souffert de ce manque d'eau potable et qui, sans hésiter a mobilisé la commune locale pour établir une demande.

II.6. RESULTATS DES ENQUETES AU NIVEAU DES MENAGES

Afin de déterminer la situation et le besoin en eau potable, en assainissement et hygiène de la population, ainsi que leur capacité et leur volonté à utiliser les nouvelles infrastructures, des enquêtes individuelles ont été menées auprès des ménages résidant dans le Fokontany d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona, qui sont les bénéficiaires de ce projet.

Dans cette optique, les aspects suivants ont été intégrés dans le questionnaire :

- Caractéristiques et taille des ménages
- Typologie des habitations
- Situation de l'alimentation en eau potable
- Caractéristique des points d'eau utilisés
- Situation de l'accès à l'assainissement
- Situation d'hygiène et santé
- Evaluation contingente de la demande
- Activités économiques du chef de ménage
- Revenu mensuel et dépenses des ménages

II.6.1. CARACTERISTIQUES DES MENAGES :

Durant la descente sur terrain, 14 ménages résidant dans les deux Fokontany concernés ont fait l'objet d'enquête individuelle dont :

- 35,71% des ménages enquêtés résident dans le Fokontany d'Antanetibe Sud ;
- Si 64,28% habitent dans le Fokontany d'Ambodivona

Nos interlocuteurs sont soit le père de famille, soit la mère dans la famille.

II.6.1.1. Taille des ménages :

La taille des ménages enquêtés varie entre 2 à 12 membres avec une moyenne de 5 membres par ménage ; dont 35,71% ont une taille supérieure à cette moyenne. Les ménages de grande taille (8 personnes et plus) représentent 28,57%.

85,71% des ménages enquêtés ont des enfants dont, 42,86% parmi eux ont un ou des enfants de moins de 5 ans dans le foyer. Les figures ci-après représentent les caractéristiques des ménages enquêtés.

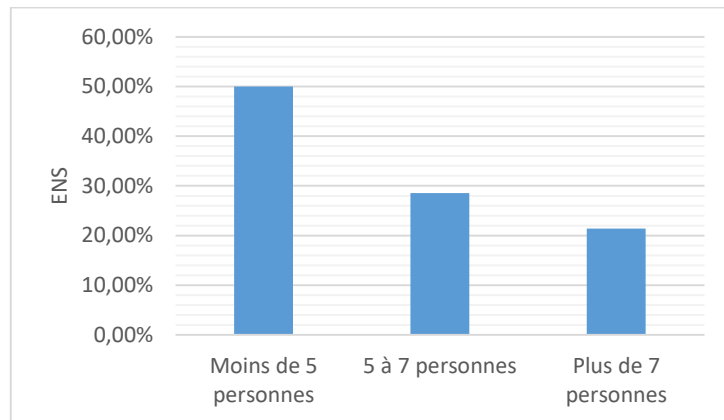


Figure 1 : Taille des menages

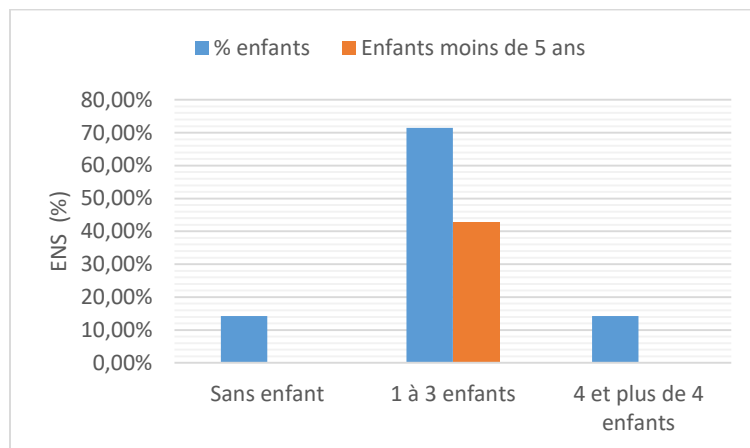


Figure 2 : Nombres d'enfants dans les menages

Source : enquête WaterAid 2021

II.6.1.2. Niveau d'éducation :

Le niveau d'éducation est analysé à partir de la capacité à lire et à écrire de nos interlocuteurs et également du nombre d'enfants scolarisés dans le ménage. Ainsi sur les 14 ménages interviewés, tous les chefs de la famille savent lire et écrire.

Parmi les ménages ayant d'enfants, 83,33%, soit 12 ménages ont des enfants scolarisés.

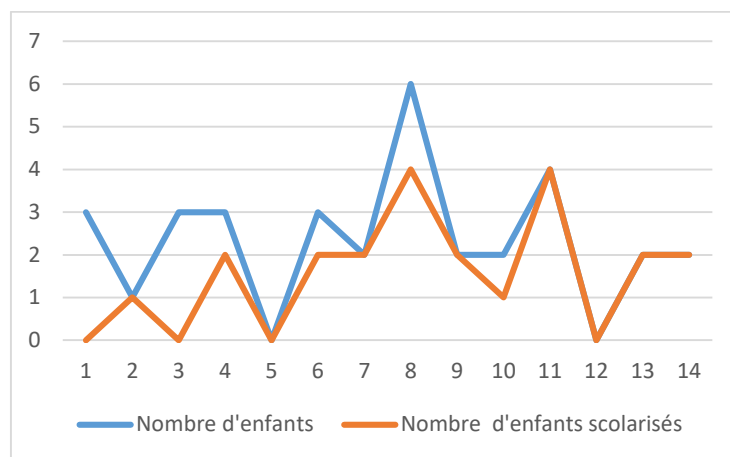


Figure 3 : Nombre d'enfants scolarisés dans les ménages enquêtés

Source : enquête WaterAid 2021

II.6.1.3. Type d'habitation :

35,71% des ménages enquêtés habitent dans des villas ou maisons individuelles, tandis que les 64,29% sont dans une concession avec plusieurs logements situés autour d'une cour. Les habitations sont des maisons en brique avec des toitures en tôles.

II.6.1.4. Source de revenu des ménages :

92,86% des ménages enquêtés sont des cultivateurs. Généralement, la pratique de la culture du riz et des cultures vivrières constitue la principale occupation des interlocuteurs et la vente des récoltes occupe leur première source de revenu.

L'agriculture est souvent appuyée par des élevages, 78,57% des ménages la pratiquent.

Les activités du secteur tertiaire sont également très importantes (42,86%), notamment les emplois liés à la fonction publique, à la cuisine, à la construction, à l'éducation, au transport ainsi qu'au commerce.

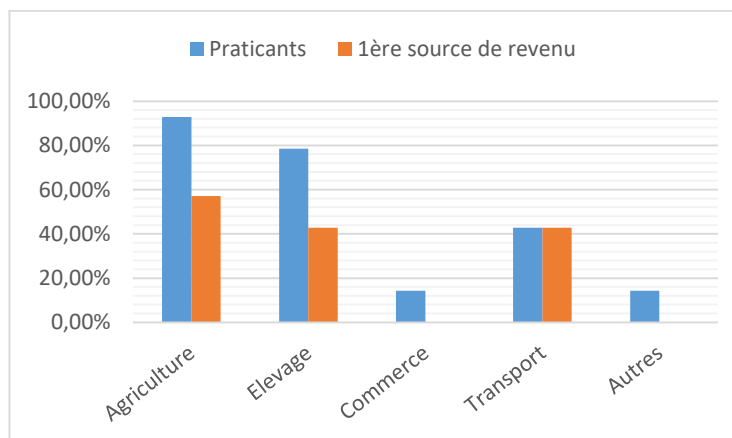


Figure 4 : Principales sources de revenu des ménages

Source : enquête WaterAid 2021

Les revenus moyens mensuels perçus par les ménages enquêtés varient entre 10 000 Ariary à 550 000 Ariary, soit une moyenne de 88 000 Ariary. 85,71% des ménages enquêtés ont un revenu mensuel inférieur à 100.000 Ar. 7,14% disposent d'un revenu situé entre 100.000 Ar à 400.000 Ariary et 7,14% supérieur à 400.000 Ariary, qui sont notamment les ménages ayant des diverses sources de revenu.

En moyenne, 93,04% de revenus perçus sont affectés aux dépenses ménagères. L'épargne est infime, voire inexistante pour les ménages à faible revenu.

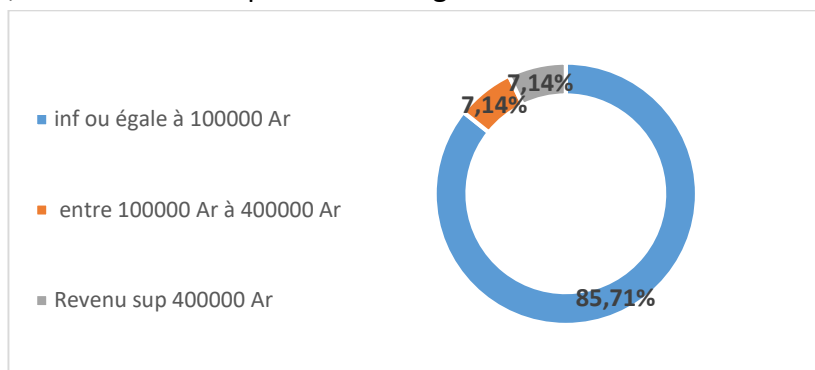


Figure 5 : Revenu mensuel des ménages

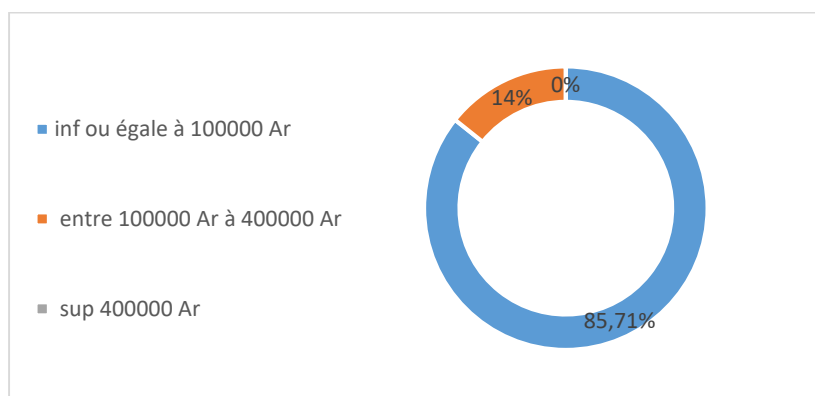


Figure 6 : Dépenses mensuelles des ménages

Source : enquête WaterAid 2021

II.6.2. SITUATION D'ACCES A L'EAU POTABLE

II.6.2.1. Points de puisage :

11 bornes fontaines publiques ont été implantées par le projet du 1988 dans le but de satisfaire les besoins en eau de la population. Cependant, à cause des contraintes liées (à la coupure très fréquente, attente trop longue et etc...) qui rendent difficile l'accès à l'eau auprès de ces bornes, seulement 14,29% des ménages enquêtés s'y approvisionnent ; la majorité se

ravitaillement en eau au niveau des sources non améliorées comme des puits traditionnels, de rivière ou des sources, soit 85,71%.

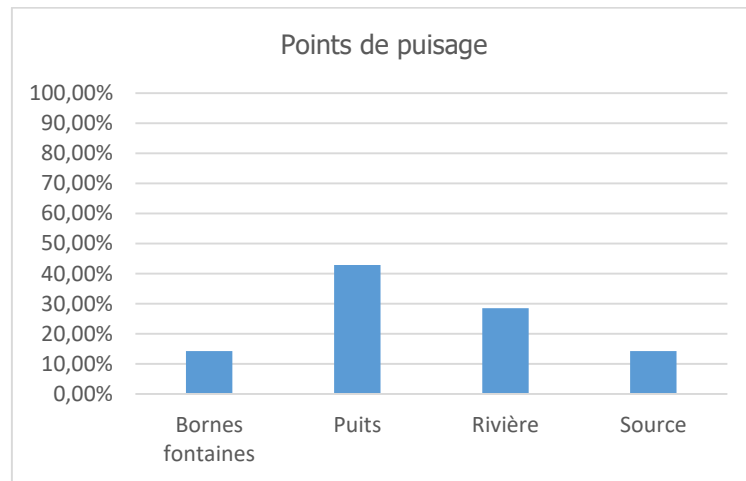


Figure 7 : Points de puisages utilisés par les ménages

Source : enquête WaterAid 2021

II.6.2.2. Responsables des activités de puisage :

Généralement, tout le monde effectue l'activité de puisage en utilisant soit des seaux soit des bidons de 15 à 20 litres. Elle se fait généralement le matin entre 6H00 et 8H00.

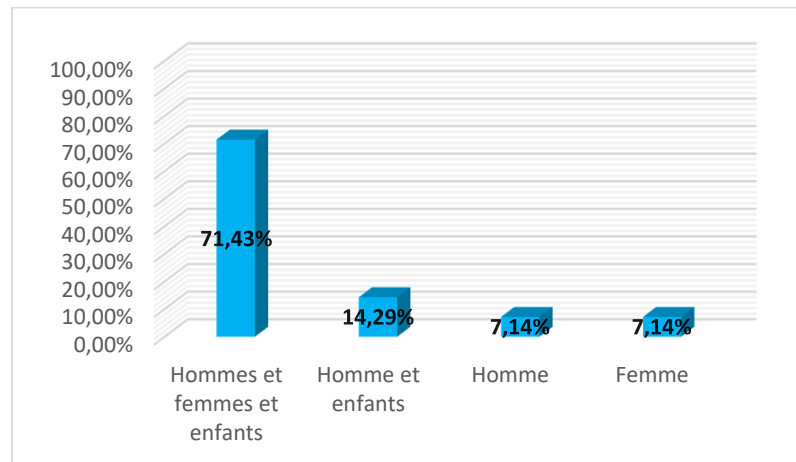


Figure 8 : Responsable de l'activité de puisage

Source : enquête WaterAid 2021

II.6.2.3. Cout de l'eau :

Le service au niveau de toutes les sources d'eau non améliorées, à titre de rappel : les puits traditionnels, les sources et les rivières est gratuit et accessible tout le temps.

Quant au service au niveau des bornes fontaines publiques, d'un côté la cotisation à payer par ménage varie selon le point d'eau, en fonction du règlement et des organisations

entre les bénéficiaires et d'un autre côté, auprès de certaines, aucune somme n'est acquittée par les utilisateurs.

Au total, 86,71% des ménages enquêtés bénéficient d'un service d'eau gratuit. Seulement 13,29% paient une cotisation variant de 50 Ar à 2000Ar par mois dont 1% des ménages paient une cotisation de 50Ar/mois, 10,29% pour 100Ar/mois, 1% pour 300Ar/mois et 1% pour 2000Ar/mois.

La supervision et la maintenance de chaque point d'eau sont sous la responsabilité d'un Comité de Point d'Eau (CPE). Les CPE assurent la bonne gestion des endroits en étant responsable de toutes activités liées au service d'approvisionnement. En plus, le suivi de paiement est inclus dans leurs rôles.

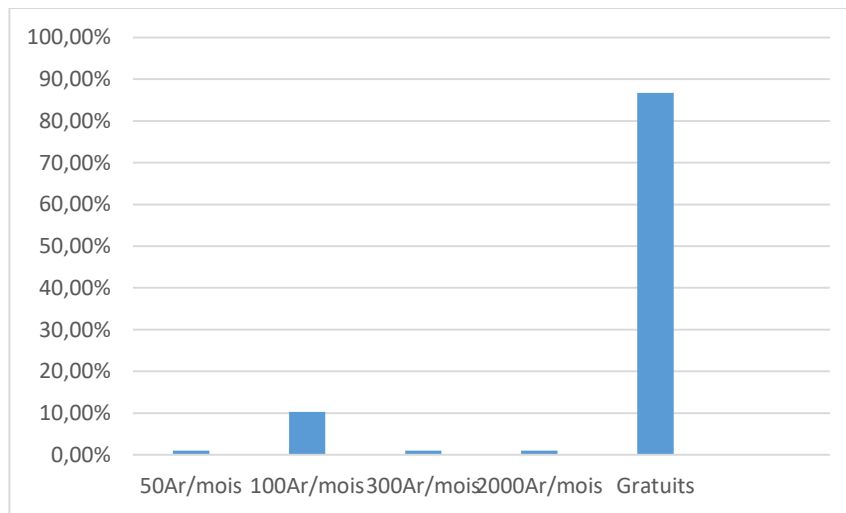


Figure 9 : Coût de l'eau acquittée par les ménages

Source : enquête WaterAid 2021

II.6.2.4. Caractéristiques des points de puisages :

II.6.2.4.1. Localisation des points de puisages :

Dans les localités, les puits traditionnels constituent les principaux points de puisage de la population.

Au niveau de ces puits, le puisage se fait avec une durée de trajet aller-retour de 10mn environ. Ils sont situés à une distance de 5 à 10m par rapport au lieu d'habitation.

Par contre, pour ceux qui s'approvisionnent auprès de la source d'émergence ou rivière, le point d'eau est éloigné de plus de 200m du lieu d'habitation et que le trajet aller-retour dure plus de 20mn.

En outre, les bornes fontaines sont en général au voisinage des lieux d'habitation, à une distance moyenne de 60m. Toutefois, il y a une longue file d'attente aux points d'eau. Ainsi, le trajet aller-retour dure entre 20mn à 30mn.

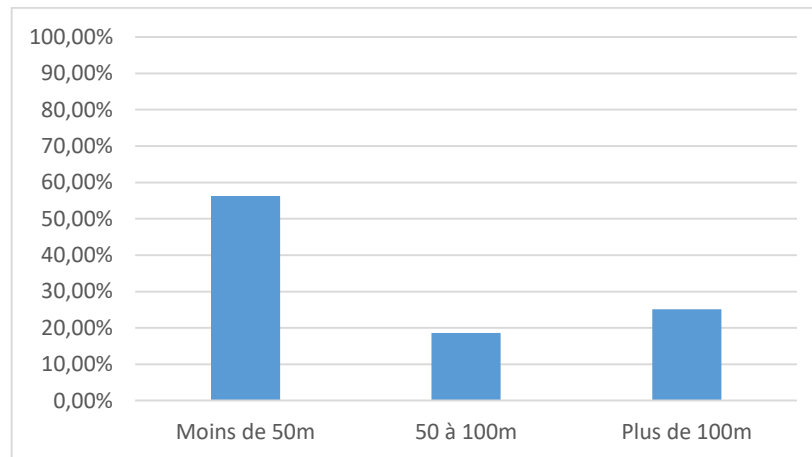


Figure 10 : Distance entre le point de puisage et le lieu d'habitation

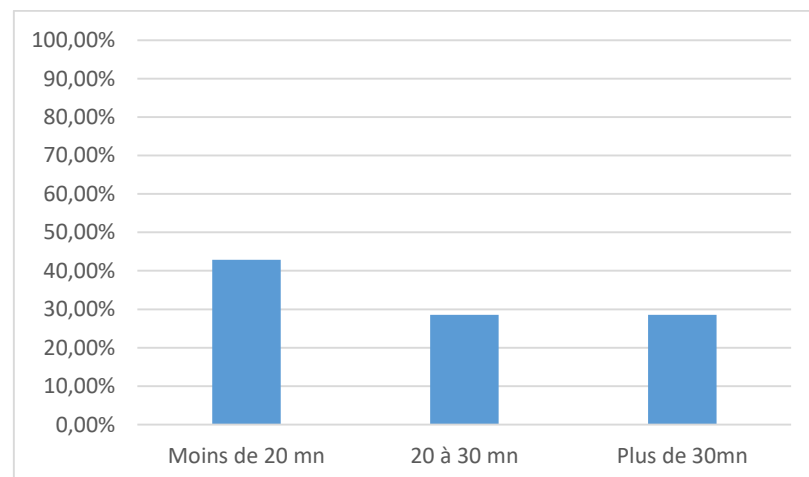


Figure 11 : Durée du trajet aller-retour

Source : Enquête WaterAid 2021

II.6.2.4.2. Protection des points de puisages :

Dans les localités, deux types de points de puisage existent : les points de puisage qui sont destinés à tout public comme les bornes fontaines publics, les lacs, les rivières ou les sources) et ceux qui sont réservés uniquement pour des familles à l'instar des puits traditionnels.

A première vue, les bornes fontaines existantes sont toutes clôturées et propres. Mais il est à remarquer que certaines clôtures sont assez ravagées.

Par ailleurs, les ménages qui utilisent des puits traditionnels estiment que les alentours de leurs points d'eau sont propres. De même pour ceux qui se ravitaillent au niveau des sources, ces dernières sont aménagées et munies de couvercles ; cependant, il y a toujours un risque de contamination externe.

Pour ceux qui s'approvisionnent au niveau de rivière ou des lacs, le risque de contamination est très élevé.

La figure ci-après montre les mesures de protection des points de puisage publics.

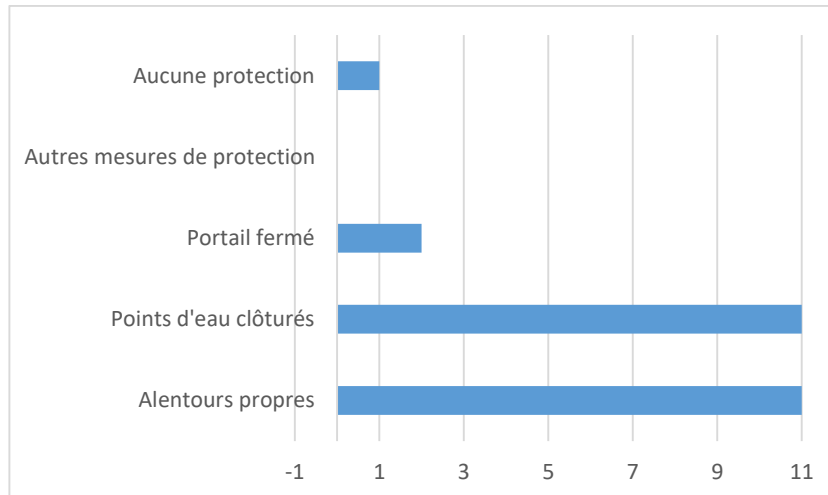


Figure 12 : Mesure de protection des points de puisages publics

Source : Enquête WaterAid 2021

II.6.2.4.3. Niveau de consommation d'eau

Les enquêtes ont permis de déterminer le niveau de consommation d'eau journalière des ménages. Ceux qui sont enquêtés utilisent généralement des seaux ou des bidons de 15L ou 20L comme récipient de puisage. En général, chaque foyer effectue 1 à 5 voyages par jour pour s'approvisionner en eau, selon leur besoin.

D'après les données d'enquêtes, la consommation en eau journalière dépend de leur taille. Elle varie entre 40 litres à 200 litres par jour, soit une moyenne de 101 litres/jour/ménage.

Compte tenu de la taille, nous estimons une consommation moyenne journalière de 20 litres/jour/personne, ce qui est délicatement inférieure à la norme nationale de 30 litres/jour/personne. D'ailleurs, tous les ménages enquêtés affirment que la quantité d'eau obtenue est insuffisante.

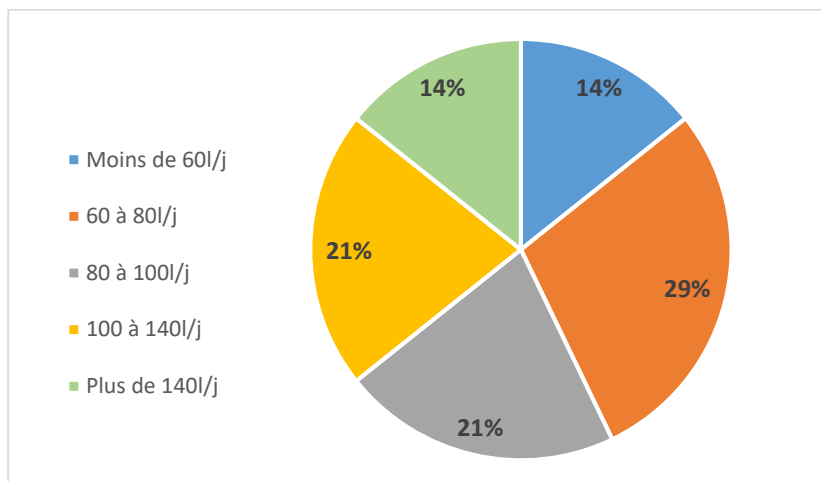


Figure 13 : Consommation d'eau par jour par ménage

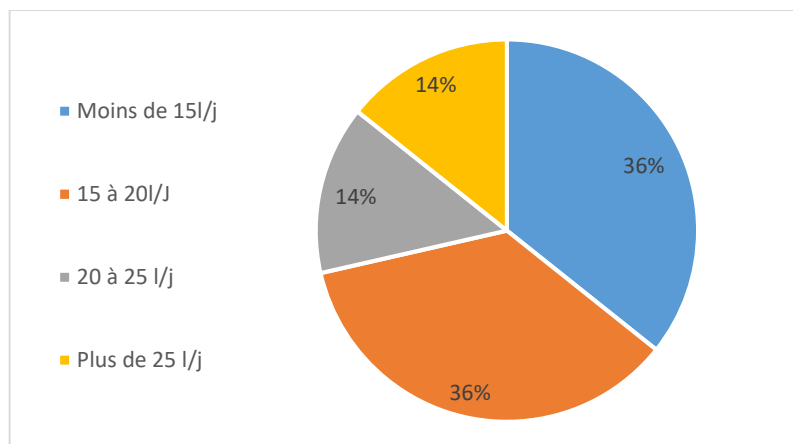


Figure 14 : Consommation d'eau par jour par personne

Source : Enquête WaterAid 2021

Dans leur mode actuelle d'approvisionnement en eau, les principaux problèmes soulevés par les ménages concernent notamment le dysfonctionnement du réseau (coupure d'eau), l'attente et l'insuffisance des quantités disponibles au niveau des points d'eau. Pour les ménages qui s'approvisionnent au niveau des points d'eau traditionnels (sources, puits), le tarissement est affiché comme problème principal.

De ce fait, la multiplication de bornes fontaines figure parmi les souhaits des habitants.

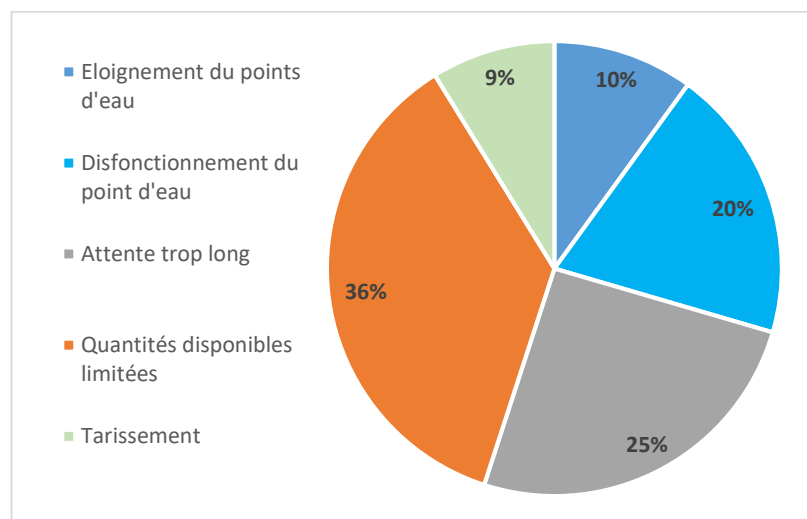


Figure 15 : Contraintes liées à l'accès à l'eau potable

Source : Enquête WaterAid 2021

II.6.3. SITUATION A L'ACCES A L'ASSAINISSEMENT :

II.6.3.1. Utilisations des latrines :

En termes d'assainissement, le taux d'emploi des latrines s'élève à 57% dont 7% représentent l'utilisation familiales et 50% affichent l'usage collectifs. La DAL (défécation à l'air libre) affiche encore un taux signifiant de 43%.

En outre, les latrines familiales et collectives sont généralement des latrines non améliorées, construites en briques, situées à une distance moyenne de 10m du lieu d'habitation.

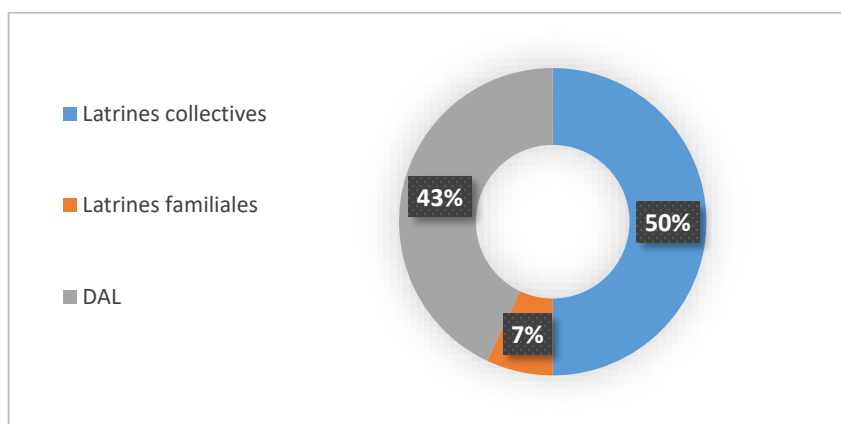


Figure 16 : Utilisation d'infrastructure d'assainissement

Source : Enquête WaterAid 2021



Photo 8 : Latrine familiale

II.6.3.2. Utilisation des trous à ordures

L'utilisation des trous à ordures pour évacuer les débris ménagers est déjà modérant au niveau des secteurs d'intervention. D'ailleurs, 78,57% des ménages enquêtés ont affirmé disposer de trou à ordures, qui se situe généralement à 10 mètres de leur lieu d'habitation. En guise de traitement, les ordures sont régulièrement incinérées.

II.6.4. PRATIQUE D'HYGIENE :

Le comportement de la population par rapport à l'hygiène a été évalué à partir des critères ci-après :

- L'utilisation effective des latrines et des trous à ordures, ce qui a été traitée dans les paragraphes ci-haut ;
- La préservation de la qualité de l'eau depuis le point de puisage jusqu'à l'utilisation ;
- Les pratiques de lavage de main ;
- Et l'apparition des maladies hydriques.

Tous les ménages enquêtés utilisent des récipients couverts pour stocker l'eau jusqu'à son utilisation.

En outre, Ils adoptent également les pratiques de lavage des mains avec du savon, notamment après la défécation, avant la préparation des repas, avant de manger, et avant l'allaitement pour ceux qui ont des nouveaux nés.

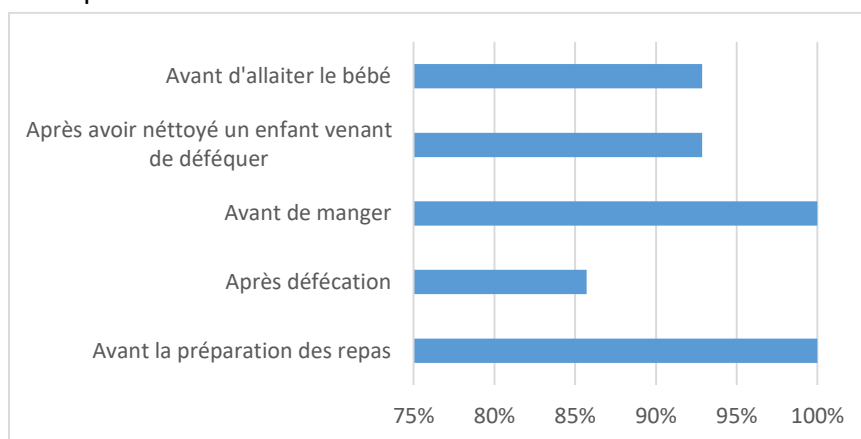


Figure 17 : Moment clés de lavage des mains

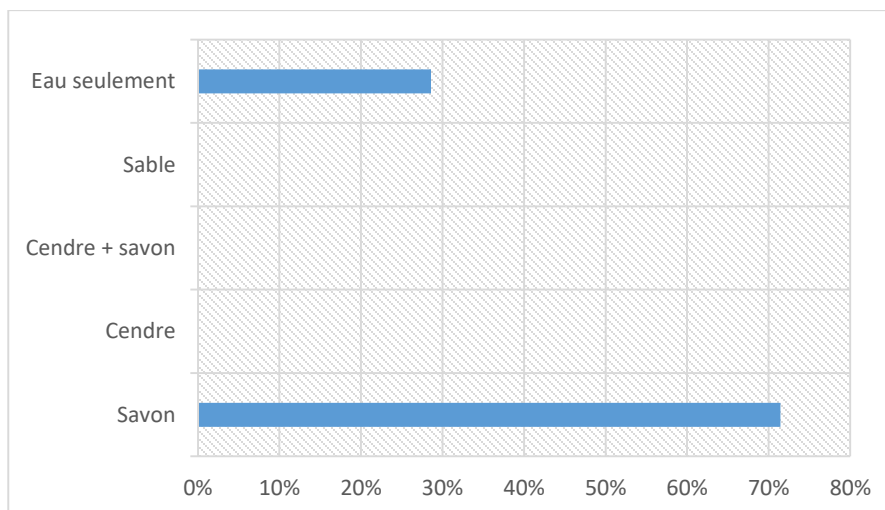


Figure 18 : Produits utilisés pour laver les mains

Source : Enquête WaterAid 2021

Vu la qualité de l'eau utilisée, les maladies d'origines hydriques ne sont pas fréquentes dans cette zone selon les ménages enquêtés. D'après eux, aucun membre de leur famille avait la diarrhée au cours des 3 derniers jours, encore moins sur le mois passé.

II.6.5. EVALUATION CONTINGENTE DE LA DEMANDE :

Généralement, l'évaluation contingente de la demande se traduit à la fois par :

- Les améliorations souhaitées par la population par rapport à l'accès ;
- La volonté des ménages à contribuer à cette amélioration ;
- La capacité des ménages à accéder à cette amélioration.

II.6.5.1. Amélioration souhaitée par les ménages :

D'une manière générale, les améliorations essentielles souhaitées par la population se rapportent à la multiplication des points d'eau afin de minimiser l'attente, à la quantité d'eau disponible, aux heures d'ouverture des points d'eau.

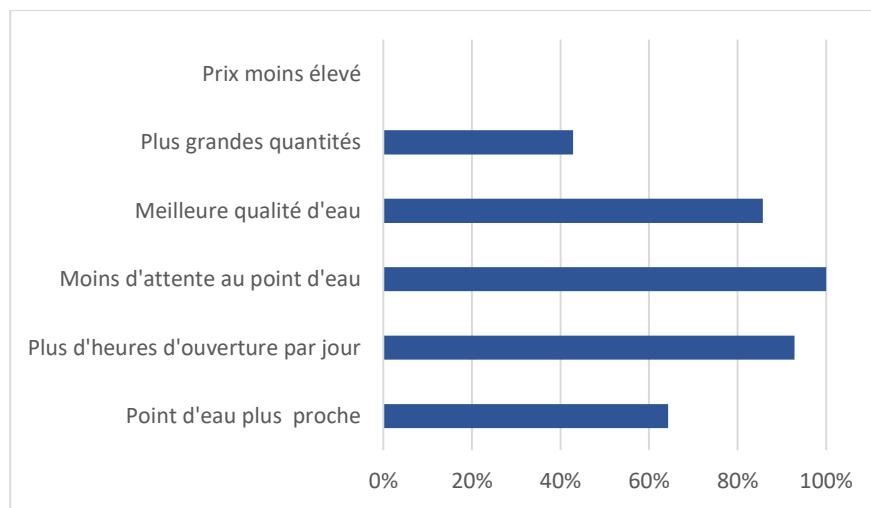


Figure 19 : Amélioration souhaitée par la population

Source : Enquête WaterAid 2021

II.6.5.2. Contribution acceptée pour accéder à l'amélioration

Tous les ménages enquêtés se déclarent favorables à apporter leur contribution en vue de participer à l'amélioration de l'accès à l'eau potable. La majorité est prête à adhérer au principe de non-gratuité de l'eau, ainsi à payer leurs consommations d'eau afin de participer à la constitution de fonds de roulement pour les frais d'entretiens et de maintenance des ouvrages.

II.6.5.3. Volonté et capacité à payer :

La question qui a été posée relève de la capacité et volonté des ménages à acheter l'eau auprès des bornes fontaines.

Ainsi, pour l'approvisionnement, 7,14% des ménages enquêtés ont opté pour que le tarif volumétrique de 50 Ariary le bidon de 20 litres soit adopté. 14,29% ont proposé des tarifs inférieurs à ceci. Par ailleurs, 35,71% ont opté pour le tarif forfaitaire mensuel variant entre 200 à 2000 Ariary et les 42,86% restants préfèrent garder le tarif forfaitaire annuel actuel de 1000 Ariary.

Pour ceux qui ont opté pour le tarif forfaitaire mensuel, 80% ont proposé un tarif entre 200 à 500 Ariary par mois, et 20% ont présenté un tarif mensuel de 2000 Ariary.

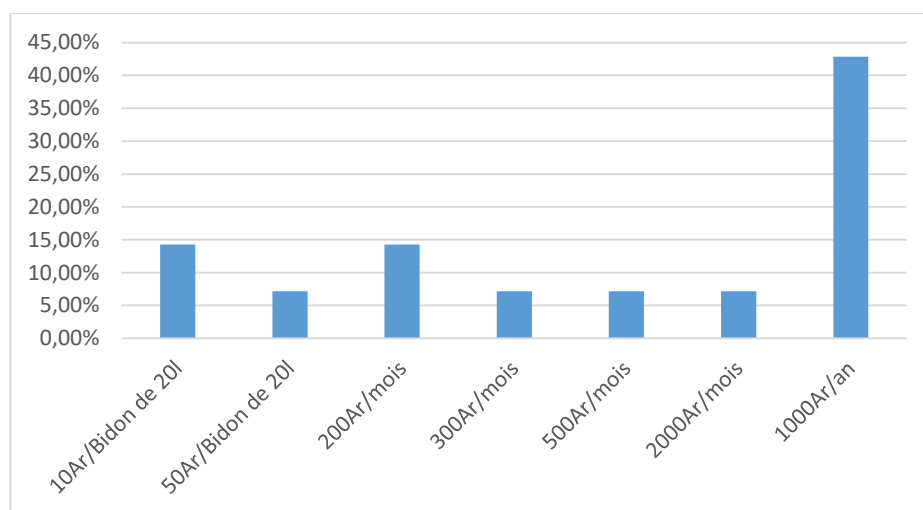


Figure 20 : Tarifs proposés par les ménages

Source : Enquête WaterAid 2021

II.6.5.4. Branchement particulier

64,28% des ménages enquêtés sont favorables à la mise en place d'un branchement particulier. Sur ce, 11,11% ont opté pour le tarif volumétrique de 10 Ariary le bidon de 20l et également pour le même volume, 11,11% propose le prix de 50 Ariary. Par ailleurs, pour ceux qui ont opté pour le tarif forfaitaire mensuel, 33,33% proposent un tarif entre 300 Ariary et 1500 Ariary et 11,11% pour un tarif de 3000 Ariary. Les 33,33% optent un tarif forfaitaire annuel dont 11,11% sont prêts à payer 3000 Ariary et 22,22% ont avancé le prix de 5000 Ariary.

II.6.5.5. Branchement social

En outre, 35,71% des ménages enquêtés sont favorables à la mise en place d'un branchement social. Parmi eux, 60% ont choisi le tarif volumétrique dont 40% proposent un tarif de 10Ar le bidon de 20l, si les 20% qui restent sont prêts à payer 50Ar.

Quant aux restes qui sont les 25%, ils proposent un tarif forfaitaire. 20% offrent à payer 500Ariary par mois, si les 20% autres demandent à payer 1000Ariary par an.

II.6.5.6. Mode de gestion souhaité par les ménages :

Les propositions de mesures de pérennisation seront axées principalement sur la définition d'un modèle de gestion le plus adapté pour s'assurer de la viabilité des infrastructures.

En faisant référence au cadre légal, l'exploitation des systèmes doit être déléguée à des gestionnaires selon les modèles suivants :

- La gestion communautaire ;
- La gestion privée qui peut se décliner en affermage, gérance ou concession

La réussite de ces modèles dépend néanmoins de certaines conditions à réunir notamment :

- L'adhésion de la population par rapport au modèle mis en place ;
- La garantie d'un équilibre financier permettant d'assurer le recouvrement complet des coûts tout en tenant compte de la capacité et de la volonté de payer de la population.

Suivant l'observation sur terrain, la mode de gestion adoptée auparavant pour les infrastructures en place est la gestion communautaire. D'après les enquêtes effectuées, 92,85% des ménages enquêtés souhaitent garder cette mode de gestion pour l'exploitation du système à envisager.

CHAPITRE III. ETUDE DE BASE POUR LA CONCEPTION DES OUVARGES

III.1. INTRODUCTION

Ces études comportent les ressources et, les besoins en eau de la population, les études pluviométriques, les données et études hydrologiques, ainsi que l'adéquation de la ressource par rapport au besoin de la communauté. Pour ce projet, l'horizon d'étude est de 15 ans c'est-à-dire cette adduction d'eau potable doit être fonctionnelle au moins durant ce laps de temps.

III.2. OBJECTIF D'INTERVENTION

Sur la base des résultats des études socio-économiques (situation actuelle, ressources, potentialités, ...) et suivant les désirs manifestés par les bénéficiaires à travers les réunions réalisées lors des diverses descentes effectuées par la Mission, l'objectif d'intervention est basé sur les points suivants :

- Assurer un accès universel à l'eau potable et à l'assainissement à la population, à partir d'un système dont l'exploitation et la gestion seront à la portée des utilisateurs ;
- Améliorer l'accès à l'assainissement au niveau de l'institution publique (EPP) par la mise en place des blocs sanitaires ou de dispositifs de lavage de mains au sein de leurs enceintes.
- Mettre en place un réseau dimensionné à partir du besoin de la population sur un délai d'au moins quinze ans ;
- Considérer l'eau comme étant un patrimoine national par le principe de « non-gratuité »
- Confier la gestion de l'eau par un réseau bien conçu.

III.3. RESSOURCES EN EAU A MOBILISER

La commune d'Anjepy est riche en eau de surface qu'en eau souterraine. Des lacs, des rivières, des ruisseaux y sont observés lors de la descente sur terrain. Les cours d'eau prennent leurs sources dans les montagnes de haute altitude. L'abondance de ces ressources présente un atout considérable pour la localité.

Pour une adduction d'eau potable, l'eau de surface nécessite un traitement complet. Par conséquent, son exploitation n'est pas du tout économique. De ce fait, le choix s'oriente essentiellement sur l'exploitation des ressources en eau souterraines.

Ressource en eau souterraine :

L'eau qui tombe sur un sol perméable y pénètre et descend jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée ou simplement freinée par une couche de perméabilité moindre, elle s'accumule et son niveau monte jusqu'à ce qu'elle trouve un déversoir naturel permettant à l'eau de s'écouler

Chapitre III : Etude de base pour la conception de l'ouvrage - Mention Hydraulique

vers l'extérieur ; ce phénomène aboutit à la naissance d'une source. Les sources sont des témoins de l'existence d'une réserve aquifère importante.

Nous pouvons avoir plusieurs types de source :

- **Source d'émergence** : Ce sont des sources typiques des zones en relief très peu accentuées. Nous la rencontrons directement en amont des zones marécageuses étendues. Ces sources correspondent à l'affleurement de la zone saturée d'un aquifère à nappes libres, elles sont rarement isolées et s'échelonnant le long de la ligne d'affleurement du substratum.
- **Source d'affleurement** : Elle se présente généralement à flanc de colline, et la venue d'eau est de haut en bas. L'eau arrive par de nombreux interstices s'offrant dans un matériau perméable superposé à un substratum moins perméable. La décharge peut être limitée à un point ou se propager sur une longue distance.
- **Source de déversement ou de trop plein** : C'est une source située au contact du mur imperméable d'un aquifère issu d'une nappe libre de trop plein non soutenue.
- **Source noyée ou source submergée** : Il s'agit d'une source située sous un plan d'eau de surface : mer, cours d'eau ou lac.
- **Résurgence ou source secondaire** : Elle concerne le retour au jour d'un écoulement souterrain. La salubrité de l'eau des résurgences n'est pas toujours garantie.
- **Source artésienne ou jaillissante** : Elle provient d'une source issue d'une nappe captive.

Lors de la descente sur terrain, deux sources d'altitudes situées à l'Ouest du village à 1,8 km depuis l'EPP d'Antanetibe Sud ont été observées et mesurées :

- **Source 1** : C'est la source d'émergence qui n'est autre que la source captée par le système d'AEPG existant situé à Ambatomikotrana
- **Source 2** : Elle est la source d'émergence (nouvelle source) située à Andohasahakely

Selon l'observation et les enquêtes, ces sources sont limpides et ne tarissent pas durant l'année, toutefois, leurs débits font défaut car ils diminuent pendant la période d'étiage.

Les essais de jaugeage effectués en mois de juin ont permis de trouver les résultats présentés sur le tableau ci-dessous. Cependant ces valeurs ne sont que ponctuelles et ne représentent qu'une moyenne saisonnière. Un suivi annuel sera nécessaire pour mieux comprendre l'évolution de ce débit.

Tableau 7 : Caractéristiques des ressources exploitables

Source	Lieu	Coordonnées	Altitude (m)	Débit mesuré (l/s) (Juin 2021)	aspect	Distance par rapport aux villages (Km)	Observation des villageois
Source 1	Ambatomikotrana	18°51'15,40"S/ 47°43'27,83"E	1552	0,30	Eau claire	1,9	Source pérenne, eau claire
Source 2	Andohasahakely	18°51'25,85"S/ 47°43'26,46"E	1543	0,12	Eau claire	1,3	

Source : Auteur

L'occupation du sol des bassins versants en amont des sources se caractérise principalement par des forêts d'eucalyptus mais des déboisements sur les versants en amont ont été observés.

D'après le tableau ci-dessus, pour les deux sources, le débit est assez faible. Autre que la période d'été, l'affaiblissement du débit des sources est provoqué aussi par la déforestation en amont et aux alentours du périmètre. Cette spécificité doit être maintenue afin de préserver la pérennité de ressources.

III.4. ETUDE DE BESOIN EN EAU DE LA POPULATION

III.4.1. POPULATION DESSERVIE :

Afin d'assurer une exploitation durable et une gestion efficace de l'infrastructure, le dimensionnement du réseau se fera à partir d'une projection réalisée sur 15 ans. Cette projection sera faite avec un taux d'accroissement annuel de 2,30%.

Pour déterminer et estimer le nombre de la population dans ce village dans 15 ans, nous appliquons la formule suivante :

$$N=N_0 (1+\alpha)^n$$

Dans laquelle :

N : Nombre de population estimé à l'année $N_1 = N_0 + N$

N_0 : Nombre de population à l'année n_0 (nombre de population actuelle)

n : horizon du projet, $n = 15$

α : Taux de croissance de population, $\alpha = 2,30\%$

Pour notre cas : $N_0 = 2021$; $N_1=2036$

Le tableau ci-après résume l'évolution de la population avec ce taux d'accroissement.

Tableau 8 : Population bénéficiaire du projet sur horizon 2036

FOKONTANY	NOMBRE DE POPULATION	
	2021	2036
Antanetibe Sud + Ambodivona	1126	1592

Source : Auteur

III.4.2. EVALUATIONS DES BESOINS EN EAU DE LA POPULATION :

III.4.2.1. Notion de besoin en eau :

Le volume d'eau nécessaire à l'alimentation d'une agglomération dépend essentiellement de l'importance et du caractère de la localité à desservir, les besoins municipaux, agricoles et industriels, des habitudes de la population. Pour le cas du Fokontany d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona, nous considérons seulement les besoins journaliers de chaque individu et de chaque élève.

En se référant à la norme imposée à des directives ou cas des autres projets RANO à Madagascar (*Manuel Procédure pour la mise en place des projets Eau et Assainissement, 2005*), le besoin en eau pour la zone semi-rurale est d'environ 25 à 30l/j/hab.

Compte tenu de l'observation sur terrain, une dotation en eau de **30l/j/hab** est adoptée pour le calcul de besoins en eau de la population de ces Fokontany.

III.4.2.2. Consommation journalière :

III.4.2.2.1. Besoin réel :

Le besoin de la population est estimé comme suit : **$B = C \times N$**

Où : C : consommation journalière : 30l/j/hab

N : le nombre d'habitants projeté dans quinze ans (Pour les deux Fokontany concernés N=1592)

Le débit réel : **$B = 48\text{m}^3/\text{jour}$ ou $1,99 \text{ m}^3/\text{h}$**

III.4.2.2.2. Besoin scolaire :

Pour la présente étude, outre les bornes fontaines publiques, la mise en place de bloc sanitaire ainsi que de dispositif de lavage de mains sont également à envisager. Pour le bloc sanitaire, l'hypothèse adoptée est de **60l/j/hab**. Un bloc sanitaire sera installé au niveau de l'enceinte de l'EPP Ambodivona.

Pour le dispositif de lavage des mains, la dotation en eau est de **10l/j/élève**. A la fin du projet, l'EPP d'Antanetibe Sud va bénéficier un DLM.

La consommation totale dans ces institutions est présentée dans le tableau ci-contre :

Tableau 9 : Consommation journalière des institutions

Institutions	Nombres d'élèves	Consommation unitaire (l/j)	Consommation totale en l/j
EPP Antanetibe Sud	64	10	640
EPP Ambodivona	62	60	3720

Source : Auteur, Année 2021

III.4.2.2.3. Besoin effectif :

Ce besoin s'obtient en ajoutant au besoin réel le besoin des autres postes d'utilisation. De ce fait, nous obtenons les valeurs ci-après :

Tableau 10 : Besoin effectif

DLM pour l'EPP Antanetibe Sud (l/j)	640
Bloc sanitaire pour l'EPP Ambodivona (l/j)	3 720
Besoins population (l/j)	47 760
BESOIN EFFECTIF(l/j)	52 120
BESOIN TOTAL(m3/j)	52,12
BESOIN TOTAL (m3/h)	2,17
BESOIN TOTAL(l/s)	0,60

Source : Auteur, Année 2021

Ce débit effectif appelé débit moyen de production est nécessaire pour l'évaluation de l'adéquation entre le besoin et la ressource.

III.4.2.2.4. Besoin de pointe :

Le débit de pointe correspond à la plus haute valeur du débit de puisage. La détermination de celle-ci s'effectue en fonction du nombre d'habitations, du degré de développement des installations sanitaires et du régime de consommation.

Pour déterminer le débit nous devons aussi prendre en compte du coefficient d'irrégularité horaire :

Tableau 11 : Volume des demandes par rapport à la tranche horaire

Tranche horaire	Durée	Coeff de consommation	Volume (m3)
05h-08h	3 h	0,18	9,38
08h-12h	4h	0,22	11,47
12h-15h	3h	9,38	9,38
15h-19h	4h	11,47	11,47
19h-22h	3h	6,25	6,25
22h-05h	7h	4,17	4,17
TOTAL			52,12

Source : Auteur, Année 2021

Le débit de pointe est donné par la relation suivante :

$$Q=Kp \times B$$

Pour notre projet $Kp=1,44$, le débit de pointe réel est égal donc **$Q=75,05 \text{ m}^3/\text{j}=0,87 \text{ l/s}$** .

La connaissance de ce débit est fondamentale dans un projet AEP. Ceci nous permet de connaître les heures pendant lesquelles la consommation est maximale (heure de pointes), afin de dimensionner le réseau de distributions à l'intérieur de l'agglomération.

III.4.2.3. Types de points de distribution :

Le réseau comporte plusieurs types de point de distribution, à savoir :

- Borne fontaine public (**BFP**) : point de distribution destinée à tout public de la localité ; son implantation dépend de la topographie, de la disposition des habitants.
- Dispositifs de lavage des mains (**DLM**) : point de distribution placée dans l'enceinte d'un établissement scolaire (EPP Antanetibe Sud)

III.5. POTENTIALITE DES RESSOURCES EN EAU

L'estimation des apports de la nappe est basée sur le bilan hydrique des bassins versants alimentant les ressources. Le volume d'eau alimentant la nappe est estimé à partir de la quantité d'eau infiltrée à l'intérieure de la zone d'alimentation probable c'est-à-dire la superficie du BV au-dessus du point d'émergence de sources.

Pour faciliter le calcul, les hypothèses suivantes sont retenues :

- La totalité de superficie de BV contribue à l'alimentation de la nappe ;
- Ces sources sont les seuls points d'émergence possible de la nappe.

III.5.1. BASSIN VERSANT :

III.5.1.1. Définition :

Le bassin versant, en une section d'un cours d'eau, est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section.

Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval.

III.5.1.2. Délimitation des bassins versants :

Deux bassins versants situés à l'Ouest du village drainent les deux (02) sources soit :

- BV1 : bassin versant alimentant le ruisseau d'Ambatomikotrana
- BV2 : bassin versant alimentant le ruisseau d'Andoahasahakely

Les surfaces de chaque bassin versant s'obtiennent aisément grâce à l'utilisation des logiciels Google Earth et Qgis, les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Superficie des bassins versants :

Bassin versant	S(m2)
BV1	300 000
BV2	61 300

Source : Auteur, Année 2021

La délimitation de ces bassins versants est présentée dans l'annexe 4.

III.5.2. BILAN HYDRIQUE DE LA NAPPE

Le calcul du bilan hydrique donne de l'information sur les flux d'eau au sein du système atmosphère-eaux de surface-eaux souterraines. Il s'agit en fait de quantifier le mieux possible les flux entrants et sortants afin de comprendre la dynamique hydrique du système.

Pour ce faire, plusieurs paramètres doivent être pris en compte tels que la précipitation, l'évapotranspiration, la ruissellement et l'infiltration.

Selon THORNTWAITE, ce bilan est défini par la relation suivante :

$$P = R + I + E \pm \Delta S$$

Avec :

P : précipitation moyenne (mm)

R : Ruissellement (mm)

I : Infiltration (mm)

E : Evapotranspiration (mm)

ΔS : variation de stockage de l'eau

III.5.2.1. Précipitation

Les données pluviométriques de l'année 1998 jusqu'à 2013 ont été recueillies auprès de la Direction Générale de la Météorologie (DGM) pour estimer la précipitation moyenne annuelle.

La précipitation moyenne annuelle tombée est estimée à partir des pluviométries moyennes mensuelles de ces longues séries d'observation, soit 1392mm.

III.5.2.2. Ruissellement

L'eau qui n'est pas absorbée par le sol, ruisselle le long des pentes jusqu'à se déverser dans les rivières, les fleuves et les lacs.

Le ruissellement est donc la quantité d'eau ruisselée à partir de la hauteur moyenne de pluie tombée dans le BV, il est donné par la formule suivante :

$$R = C_R \times P$$

Avec : R : ruissellement [mm]

C_R : coefficient de ruissellement

P : Précipitation [mm]

Le coefficient de ruissellement varie en fonction de la pente et de la couverture végétale du BV.

Tableau 13 : Coefficient de ruissellement en fonction de la pente et la couverture végétale

Nature de la végétation	Valeur Cr							
	Petits BV de 0 à 10 ha présence de pente				Petits BV de 10 à 400 ha présence de pente			
	moins de 5%	de 5% à 10%	de 10 à 30%	plus de 30%	moins de 5%	de 5% à 10%	de 10 à 30%	plus de 30%
Plateforme et chaussée de la route	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Terrains dénudés et végétation non couvrante : terrains déjà attaqués par l'érosion, labours frais	0,80	0,85	0,90	0,95	0,70	0,75	0,80	0,85
Culture couvrante : céréale haute, terrain parcouru	0,75	0,80	0,85	0,90	0,52	0,60	0,72	0,80
Prairies, brousses denses, savane à sous-bois	0,70	0,75	0,80	0,85	0,30	0,36	0,42	0,50
Forêt ordinaire en futaie	0,30	0,50	0,60	0,70	0,13	0,20	0,25	0,30
Grand forêt primaire	0,20	0,25	0,30	0,40	0,15	0,18	0,22	0,25

Source : Hydraulique routière, N VAN TUU, 1981

Vu que le bassin versant de la zone s'étend d'une superficie de 0 à 10ha, ayant une pente de 15 à 30% et couverte de forêt d'eucalyptus, nous adoptons comme **C_R = 0,3**.

En multipliant ce coefficient par la précipitation moyenne annuelle, on obtient une quantité de ruissellement de **417mm**.

III.5.2.3. Evapotranspiration :

Nous groupons sous le nom d'ETP l'ensemble des processus d'évaporation et de transpiration à l'échelle d'un bassin versant. C'est donc la hauteur d'une lame d'eau « évapotranspirée », pendant une période déterminée.

III.5.2.3.1. Evapotranspiration réelle ETR

C'est l'évapotranspiration qui apparaît dans les conditions réelles existantes. C'est donc la quantité d'eau retournant réellement dans l'atmosphère.

III.5.2.3.2. Evapotranspiration de référence ETo

C'est la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal sain en pleine croissance. Elle comprend donc l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration du couvert végétal pendant le temps considéré pour un bassin versant donné.

La formule la plus utilisée pour déterminer l'évapotranspiration est celui de THORNTWAITE. Elle a pour expression suivante :

$$ETP = \lambda \times ETP_{nc} = \lambda \times 1,6 \times \left(10 \times \frac{T}{I_T}\right)^\alpha$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle (cm)

ETP_{nc} : évapotranspiration non corrigé (cm)

λ : coefficient de correction ($\lambda=20^\circ$ pour les pays situés dans l'hémisphère Sud)

T : Température moyenne mensuelle (°C)

I_T : Indice thermique annuel avec $I_T = \sum i$ et $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$

α : paramètre fonction de l'indice thermique mensuel, $\alpha = 0,016 \times I_T + 0,5$

Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau ci-dessous tandis que les détails de calcul sont dans l'annexe :

Tableau 14 : Evapotranspiration potentielle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	At	St	O	N	D	Total
ETPc (cm)	10,6	9,3	9,3	7,8	6,8	5,2	5,1	5,7	6,7	8,8	9,8	10,6	95,6
ETP (mm)	105,9	92,5	92,7	77,8	67,5	52,2	50,9	56,6	67,4	87,8	98,5	106,2	956,0

Source : Auteur

La quantité d'eau évaporée annuellement est estimée à **956mm**.

III.5.2.3.3. Le stock

C'est la réserve d'eau contenue dans la zone d'aération du sol, elle constitue l'humidité du sol et c'est cette réserve que les racines des végétaux mobilisent. Elle dépend essentiellement de la structure du terrain et de sa couverture végétale.

III.5.2.3.4. Les excédents

Les excédents des précipitations et de l'évapotranspiration sont emmagasinés dans la zone d'aération du sol pour augmenter le stock jusqu'à ce que ce dernier soit saturé. Ces excédents dépassent la réserve de stock cumulée de 100mm et participe à l'écoulement de surface et de réalimentation des nappes profondes.

III.5.2.4. Résultat du bilan hydrique de THORNTWAITE

Les résultats du bilan hydrique sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Bilan hydrique selon THORNTWAITE

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
P (mm)	269	264	181	60	33	23	27	25	31	70	111	298	1392
ETP (mm)	106	93	93	78	68	52	51	57	67	88	99	106	956
P-ETP (mm)	163	172	88	-18	-34	-29	-24	-32	-37	-18	12	192	436
DC (mm)				18	52	81	104	136	173	191			
Stock (mm)	100	100	100	83	59	44	34	25	17	14	100	100	
Variation de stock	0	0	0	-17	-24	-15	-10	-9	-8	-3	86	0	
ETR (mm)	106	93	93	77	57	38	37	34	39	73	99	106	851
Exc (mm)	163	172	88									192	615

Source : Auteur, Année 2021

DC : déficit cumulé

Exc : Quantité d'eau excédentaire

En comparant la pluie moyenne avec l'évapotranspiration réelle, on constate un bilan hydrique excédentaire.

III.5.2.5. Quantité d'eau infiltrée :

La quantité d'eau infiltrée notée « I » est constituée par la différence de la quantité d'eau excédentaire et la quantité d'eau ruisselée.

$$I = \text{Exc} - R$$

Avec

Exc : quantité d'eau excédentaire (mm)

I : quantité d'eau infiltrée (mm)

R: quantité d'eau ruisselée (mm)

Tableau 16 : Quantité d'eau infiltrée

Exc(mm)	R(mm)	I(mm)
615	417	198

Source : Auteur, Année 2021

III.5.2.6. Apport de la nappe :

Pour le cas des sources, l'apport annuel de la nappe est estimé à partir de la formule de PLOTNIKOV :

$$Q = I \times S$$

Où :

Q : Apport annuel (m³/an)

I : Quantité d'eau infiltrée (m/an)

S : Superficie du bassin versant (m²)

Tableau 17 : Apport annuel du BV

BV	S (m2)	I(m/an)	Q(m3/an)
BV1	300000,000	0,198	59400,000
BV2	61300,000	0,198	12137,000
TOTAL			71537,000

Source : Auteur

L'apport annuel total est égale à **71 567m³/an**, soit **196m³/jour**.

III.6. ADEQUATION RESSOURCES-BESOINS

Afin d'évaluer si l'apport peut satisfaire à long terme les besoins, une adéquation ressources-besoins est à mener. Il consiste à comparer le débit disponible à la source et le débit moyen. Pour avoir une ressource adéquate à l'AEP, il faut que le débit disponible à la source soit supérieur ou égal au débit moyen exigé par la localité.

Le besoin en eau de la population des deux (02) Fokontany (Antanetibe Sud, Ambodivona) à l'horizon 2036 est estimé **52,12m³/j** ou **0,60 l/s** alors que le débit de la source d'Ambatomikotrana et d'Andohasahakely serait **196m³/j** ou **2, 27l /s**. Vu que le bassin versant 1 alimente à la fois le réseau d'adduction d'eau de la Fokontany d'Anjepy et le réseau d'adduction d'eau d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona, seul le débit voulu dans le projet soit **0, 6 l/s** pourra être utilisé afin d'éviter l'affaissement de la nappe.

Compte tenu des résultats du bilan ressource – besoin, l'exploitation de ces deux sources pourra satisfaire le besoin en eau des deux Fokontany jusqu'à l'horizon 2036.

En conclusion, les débits des sources existantes seront largement suffisants pour les besoins en eau jusqu'au-delà de l'horizon 2036. Toutefois, il faut impérativement protéger les micros bassins versants (surface de réalimentation) de ces sources contre toute activité pouvant entraîner une dégradation de l'environnement notamment le défrichage et la pénétration des animaux.

III.7. ANALYSES DE L'EAU

Concernant l'article 38 du Code de l'eau «**Toute eau livrée à la consommation humaine doit être potable. Une eau potable est définie comme une eau destinée à la consommation humaine qui, par traitement ou naturellement, répond à des normes organoleptiques, physico-chimiques, bactériologiques et biologiques fixées par décret** ».

III.7.1. NORMES DE POTABILITE DE L'EAU :

Une eau, pour être considérée comme potable et être distribuée aux usagers, doit satisfaire aux conditions suivantes :

- **Aspect organoleptique** : Inodore, sans saveur, ...
- **Aspect physico-chimique** : Claire, respectant les normes, transparente, ne dépassant pas les limites requises quant aux éléments contenus dans l'eau.
- **Aspects biologique et bactériologique** : L'eau ne doit pas contenir des virus, des bactéries ou des parasites pathogènes, néfastes à la santé humaine.
- **Métaux lourds** : L'eau ne doit pas contenir des métaux lourds toxiques ou très toxiques. Les analyses se font par recherches spéciales.

Chapitre III : Etude de base pour la conception de l'ouvrage - Mention Hydraulique

Le tableau suivant mentionne la norme de potabilité Malgache selon le Décret n°2004-635 du 15/06/04 :

Tableau 18 : Norme de potabilité Malgache

Source de prélèvement	Norme Malgache (selon Décret n°2004-635 du 15/06/04)
Température (°C)	<25°C
Turbidité (NTU)	<5 NTU
Conductivité (µS/cm)	<3000 µS/cm
Couleur	Limpide
Gout	Neutre
Odeur	Inodore
pH	6,5 <pH <9,0
Nitrate (mg/l)	<50 mg/l
Nitrite (mg/l)	<0,1 mg/l
Ammoniaque (mg/l)	<0,05 mg/l
Fluorure (mg/l)	<1,5 mg/l
Chlore libre (mg/l)-DPD1	<0,01mg/l
Chlore total (mg/l)-DPD3	<0,01mg/l
Manganèse (mg/l)	<0,05 mg/l
Arsenic (mg/l)	<0,05 mg/l
Fer(mg/l)	<0,5 mg/l
Coliformes totaux (UFC)	0 à 37°C/100ml pendant 16h
Coliformes fécaux ou CTT (UFC)	0 à 44°C/100ml pendant 16h

Source : WaterAid, Année 2021

III.7.2. ANALYSE DE L'EAU DANS LE MILIEU RURALE

Concernant l'analyse physico-chimique, une analyse systématique du pH, de la conductivité, de la turbidité de toutes les ressources en eaux destinées à l'approvisionnement en eau potable doit être faite. Pour ce faire, nous prélevons un échantillon pour chaque source identifiée.

En introduisant dans un conductimètre et pH-mètre l'eau prélevée, les valeurs des paramètres physico-chimiques (conductivité, PH, température, etc,) s'affichent sur l'écran de l'appareil.

Quant à l'analyse bactériologique, elle consiste à détecter la présence des bactéries les plus redoutables pathogènes et indicatrices de pollution fécale à partir des cultures microbiennes. Ces bactéries sont les coliformes totaux, les Coliformes thermotolérants ou *Escherichia coli*, les streptocoques fécaux, et les *Clostridium*s sulfito-réducteurs.

L'analyse est effectuée dans un laboratoire par des consultants de WaterAid Madagascar.

III.7.2.1. Résultats d'analyses

D'après les examens d'analyse, les caractéristiques de la potabilité de l'eau indiquées dans les résultats d'analyses sont les suivantes :

Tableau 19 : Résultats des analyses de l'eau de la source d'Ambatomikotrana et d'Andohasahakely

Source de prélèvement	Source I Ambatomikotrana	Source II Andohasakely	Norme Malgache (selon Décret n°2004-635 du 15/06/04)
Température (°C)	20	23	<25°C
Turbidité (NTU)	<5	<5	<5 NTU
Conductivité µS/cm)	663	667	<3000 µS/cm
Couleur	Incolore	Incolore	Limpide
Gout	Neutre	Neutre	Neutre
Odeur	Inodore	Inodore	Inodore
pH	7,2	7,4	6,5 <pH <9,0
Nitrate (mg/l)	4,5	4,5	<50 mg/l
Nitrite (mg/l)	0,066	0,066	<0,1 mg/l
Ammoniaque (mg/l)	0	0	<0,05 mg/l
Fluorure (mg/l)	0,03	0,03	<1,5 mg/l
Chlore libre (mg/l)- DPD1	0,1	0,1	<0,01mg/l
Chlore total (mg/l)- DPD3			<0,01mg/l
Manganèse (mg/l)			<0,05 mg/l
Arsenic (mg/l)	0	0	<0,05 mg/l
Fer(mg/l)	0,5	0,5	<0,5 mg/l
Coliformes totaux (UFC)	0	0	0 à 37°C/100ml pendant 16h
Coliformes fécaux ou CTT (UFC)	0	0	0 à 44°C/100ml pendant 16h
Interprétations des résultats	Potable	Potable	

Source : WaterAid Madagascar

En comparant les résultats de l'analyse de la qualité de l'eau avec la norme de potabilité Malgache, nous constatons que tous les aspects sont respectés, d'où elle a une qualité bonne et peut être potable. Mais pour mesure de sécurité, il faut faire un traitement physique comme décantation et filtration pour éliminer les matières en suspension de l'eau brute.

CHAPITRE IV. ETUDES TECHNIQUES D'AMENAGEMENT

IV.1. OBJECTIF

L'objectif à atteindre pour ce projet d'adduction d'eau est d'assurer un approvisionnement en eau suffisant tout en garantissant sa qualité (potabilité) et sa continuité. Il est donc primordial de trouver une ressource répondant aux critères de potabilité et la durabilité, tout en essayant de récupérer les infrastructures existantes lors des interventions précédentes.

Dans la mesure du possible, l'adoption d'un système d'alimentation en eau potable par système gravitaire serait plus avantageuse. Il est donc plus judicieux d'exploiter un point d'eau (source) situé à une altitude pour assurer l'écoulement gravitaire de l'eau de la source jusqu'aux villages à desservir.

IV.2. CHOIX DES INSTALLATIONS

Suite aux analyses précédentes, le choix des installations sera basé à partir des points suivants :

- L'adéquation entre le besoin et les ressources disponibles suffisantes et saines ;
- Profil géographique convenable pour une alimentation par gravité ; et
- Les desideratas des utilisateurs et bénéficiaires.

IV.3. HYPOTHESES DE CONSTRUCTION DU SYSTEME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE

Généralement, un système d'adduction d'eau potable comprend :

- Les ouvrages de captage,
- L'unité de traitement,
- Les conduites d'amenée,
- Les réservoirs de stockage,
- Les réseaux de distribution et,
- Les points d'eau (puisage).

IV.3.1. OUVRAGE DE CAPTAGE

L'ouvrage de captage est l'ensemble des installations servant à capter l'eau ou à prélever l'eau d'une source pour alimenter un réseau d'adduction. L'ensemble des ouvrages de captage d'eau doit assurer la qualité et la quantité adéquate pour le bon fonctionnement du réseau. Divers systèmes peuvent être utilisés pour capter l'eau :

- Boite de captage simple
- Boite de captage avec barrage

- Boite de captage avec drain

Le critère de choix de l'ouvrage de captage dépend des caractéristiques de la source captée.

IV.3.1.1. Différents types d'ouvrage de captage :

IV.3.1.1.1. De Boite de captage simple :

Ce genre de boîte ne peut pas être systématisé car chaque source est différente. Les risques de veines non captées et de fuites sont importants si elles sont construites dans des environnements inadaptés. Ces boîtes ne sont adaptées qu'aux :

- Emergences ponctuelles dans un sol très imperméable ;
- Captage par rabattement de nappe : la dépression créée permet au captage d'être l'exutoire préférentiel et les risques de contournement sont alors faibles.

La boîte est le plus souvent adossée à une pente assez raide, il est souvent plus simple de faire une boîte assez basse (la dalle de couverture doit être au-dessus de l'émergence en saison des pluies) et de faire un mur de protection sur la boîte.

IV.3.1.1.2. Boîte de captage avec barrage de collecte

Dans ce cas, le barrage doit être le moins haut possible. Un barrage haut aura plus tendance à capter des eaux de surface. Il faut donc faire un mur légèrement au-dessus du niveau du trop-plein. Par contre la boîte de captage devra être assez haute pour que les eaux de ruissellement n'y pénètrent pas.

IV.3.1.1.3. Boite de captage avec drain :

La boîte de captage avec drain est envisagée en cas d'une source ayant une émergence très diffuse longitudinale

Comme pour les barrages de collecte, le barrage du drain doit être très bas et la boîte de captage très au-dessus du niveau du sol.

IV.3.1.2. Eléments d'un captage :

La boîte de captage doit comprendre :

- Les tuyaux d'adduction, de trop plein et de vidange
- Un mur filtrant pour laisser entrer l'eau dans la chambre de préfiltre
- Une chambre de préfiltre et une chambre de mise en charge
- Un remplissage filtrant
- Un couvercle étanche, muni d'une trappe de visite

IV.3.1.3. Hypothèses de construction de l'ouvrage

L'option technique proposée concernant l'exploitation des sources doivent tenir compte des critères ci-après :

- Eviter en tant que possible que l'eau est exposée à l'air libre ;
- Dans le cas de captage par barrage, construire un bac avec préfiltre à dalle de couverture ;
- L'emplacement et le dimensionnement de l'ouvrage sont faits en fonction du débit de la source à capter ainsi qu'au besoin de la population.

IV.3.1.4. Périmètre de protection des captages des sources dans les AEPG

La qualité de l'eau, naturellement bonne, peut être préservée par la mise en place de périmètre de protection, et par l'éducation et la mobilisation des bénéficiaires en vue d'assurer la surveillance de l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau, et surtout le respect du dit périmètre de protection.

Le périmètre de protection aura comme rôle d'empêcher le ruissellement de surface et de limiter ainsi l'érosion, en plus de sa fonction d'éliminer les pollutions d'origine humaine. Il aura comme délimitation la ligne de crête du bassin versant de la source captée, entourant une surface considérée comme la surface de réalimentation de la nappe souterraine alimentant la source.

Pour préserver la qualité de l'eau et pour assurer la pérennité des ouvrages, il est proposé de :

- interdire les activités agricoles à l'intérieur du périmètre ;
- mettre une clôture autour de la source captée disposant d'un système d'étanchéifiassions, d'un canal de protection contre les eaux de ruissellement ;
- mettre un canal de collecte d'eaux de ruissellement.

IV.3.2. UNITE DE TRAITEMENT

IV.3.2.1. Généralités

La station de traitement vise non seulement à éliminer les composantes indésirables, mais aussi à améliorer les qualités organoleptiques de l'eau, et à limiter l'incrustation des équipements et de réseau.

Les traitements des eaux pour l'alimentation en eau potable peuvent être groupés sous deux types de procédés :

- Le procédé physique et physico-chimique pour éliminer les éléments solides en suspension dans l'eau par décantation et filtration ;

- Le procédé chimique qui élimine les éléments indésirables ou diminue le taux des éléments qui dépasse le seuil de la norme.

Pour l'approvisionnement en eau, il faut s'assurer que l'eau produite respecte les normes de potabilité fixées par voie réglementaire à des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

L'ouvrage d'unité de traitement sera conçu et dimensionné selon la qualité de l'eau à prélever.

IV.3.2.2. Choix de la filière

Pour le projet d'alimentation en eau des Fokontany d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona, pour l'analyse physico-chimique, l'analyse sur terrain a montré que l'eau respecte les normes imposées. Toutefois, afin d'assurer la potabilité de l'eau à délivrer, il est prévu d'installer un bassin de filtration pour traiter l'eau physiquement.

Pour le présent projet, le traitement comporte alors un traitement classique comprenant tout simplement une filtration.

IV.3.3. RESERVOIR

Les réservoirs sont des ouvrages hydrotechniques dont leur rôle primordial est de stocker les eaux en excès pendant les heures de faible consommation pour les restituer aux heures de pointe. Ce rôle a sensiblement changé au cours du temps, ce qui a traduit aux réservoirs la multitude de fonctions. Après avoir connu le déficit en eau pour la localité concernée par l'étude, nous avons à dimensionner les réservoirs qui prendront en charge la sécurité de stock.

IV.3.3.1. Rôles du réservoir :

Un réservoir est un ouvrage hydraulique de stockage de l'eau et de régularisation des débits et des pressions. Ces ouvrages jouent un rôle primordial dans l'adduction et la distribution de l'eau. Leurs nombreux rôles peuvent se résumer comme suit :

- Les réservoirs servent à compenser l'écart entre le régime de production d'eau et celui de la consommation ;
- Ils constituent une réserve en cas des imprévus (rupture, réparations, extension du réseau ...) ;
- Ils constituent aussi une réserve d'eau en cas d'incendie ;
- Ils maintiennent l'eau à l'abri des risques de contamination et la préservant contre les variations de températures ;
- Simplification de l'exploitation ;
- Les fonctions générales assurées par les réservoirs d'eau potable sont classées en fonctions techniques et économiques.

IV.3.3.2. Emplacement du réservoir :

La mise en place du réservoir est cruciale et doit être bien étudié. En effet, c'est à partir de ce point choisi que prend charge les installations suivantes en aval.

Le choix du site d'implantation d'un réservoir est généralement effectué sur la base des considérations techniques, économiques et dépend aussi des conditions topographiques et de la nature du sol. En effet, l'objectif recherché est de prévoir à réaliser un système d'adduction et de distribution techniquement satisfaisant et peu coûteux. Pour cela nous somme amener à respecter les conditions suivantes :

- En plan, ils doivent généralement être au centre de l'agglomération et surélevés pour que la côte de radier soit supérieure à la côte piézométrique maximale exigée par le réseau de distribution afin d'assurer une alimentation directe par simple gravité ;
- En terrains accidentés, leur emplacement doit être à la plus haute côte piézométrique exigée sur le réseau pour assurer une alimentation de réseau par simple gravité.

IV.3.3.3. Classification du réservoir :

A Madagascar, nous pouvons peut classer le réservoir par rapport à la surface du sol. Nous distinguons deux (02) types de réservoir :

- Le réservoir surélevé (ou sur tour),
- Le réservoir au sol

Le choix dépend des critères techniques et financiers. En effet, si le relief pose difficulté, il serait judicieux de choisir des réservoirs au sol, voire les réservoirs semi-enterrés. Ces derniers sont à moindre coût, s'implantent facilement dans l'environnement, et présentent une meilleure accessibilité aux équipes pour les éventuelles surveillances et interventions. Par contre, pour une région ayant un relief plus ou moins plat, la mise en pression par construction d'un réservoir sur tour est nécessaire.

IV.3.3.4. Formes du réservoir

Un réservoir peut être de forme rectangulaire ou circulaire. Pour un réservoir à forme circulaire, la répartition de charge est horizontale régulière. Par conséquent, ce réservoir est plus résistant. Les murs de ce dernier sont construits en maçonnerie de moellons, soit en béton armé. Les constructions en briques sont très rares.

IV.3.3.5. Equipement hydraulique du réservoir

Les réservoirs doivent équiper de la conduite d'adduction, de la conduite de distribution, delà conduite de trop plein et de la conduite de vidange.

IV.3.3.5.1. Conduite d'adduction (d'arrivée)

La conduite d'adduction, à son débouché dans le réservoir, doit pouvoir s'obturer quand l'eau atteint dans la cuve son niveau maximal :

- Obturation par robinet flotteur si l'adduction est gravitaire.
- Dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.

IV.3.3.5.2. Conduite de distribution (de départ)

L'orifice de départ de la conduite de distribution est placé entre 0,10 à 0,20 m au-dessus du radier afin d'éviter l'entraînement dans la conduite de distribution d'éventuels dépôts décantés dans le réservoir.

IV.3.3.5.3. Conduite du trop-plein

La conduite de trop-plein est une conduite terminée par un bout en forme d'entonnoir qui a pour but d'évacuer le débit d'adduction arrivant au réservoir lorsque le niveau d'eau dans ce dernier atteint la limite maximale. Cette conduite devra pouvoir évacuer la totalité du débit Q arrivant au réservoir.

IV.3.3.5.4. Conduite de vidange :

Elle est placée au plus bas point du radier afin d'évacuer les dépôts. Elle est munie d'un robinet vanne qui doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter le dépôt de sable qui entraîne une difficulté de manœuvre. La conduite de vidange fonctionne lorsque nous prévoyons une éventuelle réparation ou un nettoyage du réservoir.

IV.3.3.6. Entretien du réservoir

Une surveillance régulière des réservoirs est de rigueur pour vérifier d'éventuelles fissures ainsi que le phénomène de corrosion sur les parties métalliques. Un soin particulier est apporté au nettoyage des cuves, opération comportant plusieurs étapes telles que :

1. Isolement et vidange de la cuve ;
2. Élimination des dépôts sur les parois ;
3. Examens des parois et réparation éventuelles ;
4. Désinfection à l'aide des produits chlorés ;
5. Remise en service.

IV.3.3.7. Hygiène et sécurité :

Les réservoirs d'eau potable doivent suivre certaines normes d'hygiène et de sécurité afin de protéger l'eau de toute pollution en provenance de l'extérieur, par conséquent les réservoirs doivent :

- Comporter une couverture qui protège l'eau contre les variations de température et l'introduction des corps étrangers,
- Avoir les robinets de puisage et cela pour faciliter l'exécution des prélèvements nécessaires aux contrôles des eaux de consommation,

- Avoir un périmètre de protection afin d'éviter tout rapprochement d'animaux ou d'individus étrangers (sauf le personnel exploitant),
- Être aérés par des orifices.

IV.3.3.8. Capacité du réservoir :

La capacité du réservoir sera déterminée à partir de l'hypothèse et des données suivantes :

- Débit utile pour l'alimentation relatif au besoin effectif ;
- Le volume est égal au moins le quart de la consommation journalière du réseau qu'il dessert ;
- Le volume est fonction du besoin de pointe journalier et du débit théorique de la source.

IV.3.4. LES CONDUITES

Le système de canalisation se compose de deux systèmes dont le réseau d'amené, qui conduira l'eau provenant de la source vers le réservoir et le réseau de distribution qui transfèrera l'eau du réservoir vers les points de puisages.

IV.3.4.1. Différents types de conduite :

Parmi les matériaux utilisés en AEP Nous pouvons citer : l'acier, PEHD, la fonte et le PVC.

IV.3.4.2. Choix de la conduite :

Le choix de la conduite est basé sur les qualités (pression, présentation) et les dimensions trouvées sur le marché local. Notre choix s'est orienté vers les tuyaux produits localement et répondant aux normes internationales ISO 9002. La pression maximale des conduites sera comprise entre 10 et 12,5 bars.

Il existe deux types de conduites de ce genre :

- Les tubes PVC conditionnés sous forme de barre de 6 mètres ; et
- Les tuyaux en POLYETHYLENE HAUTE DENSITE (PEHD) qui se présentent sous forme de rouleau de 50 ou 100 mètres.

Pour une facilité de mise en œuvre lors de l'exécution des travaux, nous avons opté pour l'utilisation du PEHD. Par ailleurs, aux droits des ouvrages (bornes fontaines, réservoir et bassin de filtration) les conduites choisies seront des tuyaux en acier galvanisés. Il en est de même aux droits des franchissements difficiles (rivière, rizière, massif rocheux, ...).

Pour le passage des conduites sur des pistes, des rivières ou de talwegs, le tuyau en PEHD devra être enveloppé par un tuyau galvanisé. Tandis que pour le passage des conduites sur un seuil rocheux, le tuyau devra être enveloppé par un tuyau galvanisé et également protégé dans un berceau en béton armé.

IV.3.4.3. Tracé de la conduite :

Le premier élément perturbateur dans une canalisation d'eau est l'air. Il doit être chassé. Une première condition pour obtenir ce résultat est d'effectuer une étude convenable du tracé.

D'importantes quantités d'air peuvent se trouver emprisonner dans une canalisation lors de son remplissage par suite d'un nombre suffisant des appareils de purge. L'air chemine dans la canalisation et parfois sur des très grandes distances et s'accumule aux points hauts.

Le tracé de canalisation doit être établi de manière à faciliter le rassemblement de l'air en des points hauts bien déterminés ou sont installés des appareils assurant son évacuation. Il a lieu donc de :

- Donner toujours une pente à la canalisation pour faciliter la montée de l'air. La conduite idéale est à pente constante de 2 à 3 millimètres par mètre représentant la pente minimale souhaitable. Lorsque le changement de pente s'impose par suite du relief du terrain, et nous éviter de les multiplier à l'excès,
- Quand une conduite présente plusieurs points hauts, il est recommandé de prévoir une pente minimale de : 2 à 3 mm/m dans les parties montantes et 4 à 6 mm/m dans les parties descendantes.
- En terrain horizontal, il faut éviter une pente nulle ou mal définie. En effet, dans une conduite posée en pente nulle, les moindres tassements de terrain peuvent provoquer des points hauts non prévus,
- Eviter autant que possible les sols mouvants ou ceux dont l'analyse révèle une agressivité particulière. S'il est malgré tout nécessaire de les traverser, il convient d'abord de les localiser avec le plus de précision possible puis prendre les mesures de sécurité qui s'imposent.

Le tracé du réseau a été reporté sur un SIG et ensuite modélisé pour déterminer les diamètres de la conduite. Le plan synoptique exposé dans l'annexe représente les caractéristiques du réseau d'AEP.

La profondeur des fouilles en tranché devra faire apparaître une distance de 80 cm entre la surface du sol et la génératrice supérieure de la conduite.

En outre, il faut aussi penser de raccourcir au maximum la longueur des conduites tout en préservant les recommandations citées précédemment.

IV.3.4.4. Dimensionnement des conduites

L'objectif principal est de garantir le service surtout pendant les heures de pointe qui correspondent pour le présent cas d'une adduction d'eau par bornes fontaines publiques à l'utilisation de l'ensemble de tous les robinets.

Qu'il s'agisse d'adduction ou de distribution, que la conduite fonctionne par gravité ou par refoulement, son diamètre résulte du calcul de pertes de charge et économique.

Ce calcul fait l'objet de nombreux ouvrages spécialisés. Plusieurs formules permettent d'évaluer la perte de charge correspondant à chaque diamètre de canalisation en fonction du débit, de la viscosité du fluide et du coefficient de rugosité de la conduite.

IV.3.4.4.1. Perte de charge

Les pertes de charge sont des chutes de pression dues à la résistance que rencontrent les fluides en écoulement. Elles correspondent à la somme de la perte de charge linéaire et la perte de charge singulière.

a. Perte de charge linéaire

Pour évaluer la perte de charge linéaire, nous utilisons la formule classique de perte de charge unitaire appelée « Formule de Darcy » qui a pour expression :

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Avec : J : étant la perte de charge unitaire en m/m,

D : le diamètre intérieur de la conduite (m),

V : la vitesse de l'écoulement (m /s) et,

λ : Coefficient de perte de charge.

Le coefficient de perte de charge λ est déterminé soit :

- A partir de la formule de Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

Avec :

$\frac{\varepsilon}{D}$: Rugosité relative ε/D

Re : nombre de Reynold (sans dimension)

$$Re = \frac{VD}{\gamma}$$

V : vitesse de l'écoulement (en m/s)

D : diamètre (en m)

γ : viscosité cinématique (en m²/s), égale à 1,01 x 10⁻⁶ à la température 20 °C.

- A partir de la Diagramme de Moody :

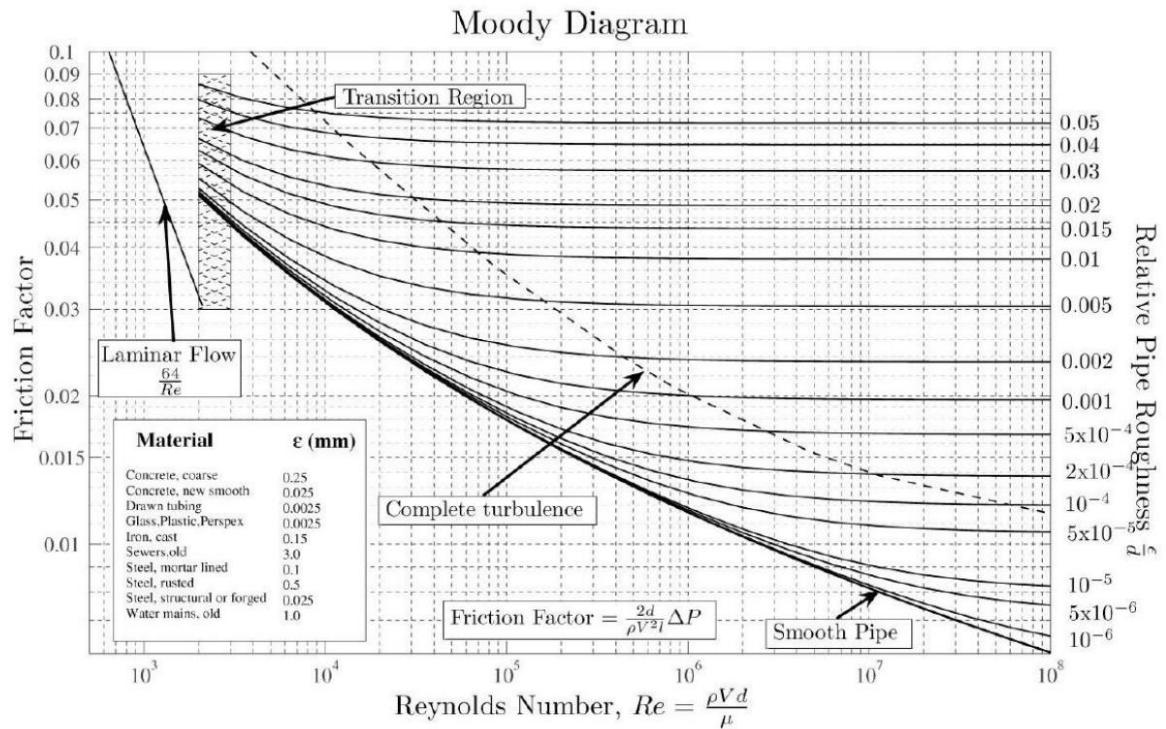


Figure 21 : Diagramme de Moody

b. Perte de charge singulière

Les pertes de charge singulières sont dues aux modifications brusques de l'écoulement dans les pièces telles que :

- ✓ Changement de section (élargissement, rétrécissement) ;
- ✓ Changement de direction (coude, Té) ;
- ✓ Appareil de contrôle (vanne, clapet).

Ils peuvent être comptabilisés de la même façon que la perte de charge linéaire.

Les pertes de charge singulière sont en fonction de la charge cinétique et la nature de la singularité du tuyau :

$$J_s = K \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Où : K est le coefficient de perte de charge singulière,

V : la vitesse d'écoulement (m/s),

g l'accélération de la pesanteur (m/s^2).

Ces pertes de charge peuvent être négligées lorsque la longueur de la conduite entre deux singularités est supérieure à 100 fois le diamètre.

Dans les réseaux simples, les pertes de charges singulières peuvent être estimées en une fraction des pertes de charge linéaires soit 5% pour les conduites d'adduction équipées de peu de singularité, et 10% pour les conduites de distribution.

Dans notre projet, Nous prenons cette valeur d'estimation de 10% pour la perte de charge singulière.

Les diamètres des conduites par tronçons sont déterminés aussi à partir des débits demandés, de la pression de service et des vitesses d'écoulement.

IV.3.4.4.2. Vitesse de l'eau

Les vitesses ne devront pas inférieures à 0,2 m/s pour qu'aucun dépôt ne se forme dans les conduites et ne doivent pas également dépasser 2 m/s afin d'éviter le phénomène de coup de bélier. La pression aux points de puisage ne devra pas être inférieure à 3 mètres de la colonne d'eau et le débit de puisage d'un robinet est estimé à 0,30 l/s.

IV.3.4.4.3. Cote piézométrique

Pour une conduite de diamètre constant, elle se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$h_{\text{aval}} = h_{\text{amont}} - J$$

Dans laquelle :

h est la cote piézométrique

J est la perte de charge totale (perte de charge linéaire + perte de charge singulière)

IV.3.4.4.4. Pression par rapport au sol

La pression au sol est donnée par la formule :

$$\frac{p}{\rho g} = h - z - \frac{v^2}{2g}$$

Où :

$\frac{p}{\rho g}$ est la pression par rapport au sol ;

h est la charge ou la ligne de niveau piézométrique ;

z est la cote de la conduite ;

V est la vitesse de l'eau dans la conduite.

IV.3.5. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT DE LA CONDUITE

La conduite d'amenée et le réseau de distribution sont conçus pour satisfaire le mieux possible, les différents besoins exprimés dans les quartiers. A la suite d'une étude sur terrain et d'une levée topographique, le tracé de conduites a été déterminé.

Le réseau présenté dans ce rapport, est la confrontation de l'ensemble des données techniques aux desiderata des populations exprimés suite aux visites sur terrains. Il intègre aussi bien les données socio-économiques telles que les pôles de développement du village, les étendues et la répartition des habitats et les paramètres techniques dont le relief, la topographie, les obstacles et les points singuliers (traversée de rivières, grands axes routiers...). Les réseaux sont conçus en réseau ramifié et en prévoyant dans leur structure et le choix des conduites, les possibilités d'extension.

Au niveau de la conception de conduite d'amené, les contraintes hydrauliques à respecter sont :

- Vitesse minimum de l'eau : 0,60m/s
- Vitesse maximale de l'eau : 2m/s
- Pression dynamique minimale : 5mCE
- Pression statique maximale : 80% de la Pression Nominale des conduites posées
- Diamètre nominal minimum : pour captage de la source : 32 mm pour le ruisseau faible turbidité ou eau traitée et 50mm pour ruisseau /rivière de forte turbidité

Au niveau de la conception du réseau de distribution, les contraintes hydrauliques à respecter sont :

- Vitesse minimum de l'eau : 0,30 à 0,50m/s
- Vitesse maximale de l'eau : 1 à 2m/s
- Pression dynamique minimale : 5mCE
- Pression statique maximale : 40mCE en pied des points d'eau
- Diamètre nominal minimum : 25 mm pour le réseau ramifié avec point d'eau

Le respect d'une contrainte peut s'opposer au respect d'une autre contrainte (ex : vitesse minimum non respectée pour obtenir une pression dynamique suffisante). La conception du réseau, faite par un hydraulicien, est le fruit de compromis entre ces différentes contraintes.

IV.3.6. RESEAU DE DISTRIBUTION

L'eau est distribuée sous pression par des canalisations souterraines, en générale sous la voie publique, sur lesquelles raccordent les branchements d'alimentations des immeubles. Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant de façon à assurer le débit maximal afin de satisfaire tous les besoins en eau des consommateurs

Selon la liaison entre les différents tronçons nous distinguons deux types de réseaux :

- ✓ Réseau ramifié
- ✓ Réseau maillé

IV.3.6.1. Réseau ramifié

Le réseau ramifié dans lequel les conditions de desserte ne comportent aucune alimentation de retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture. Un accident sur la conduite principale prive les abonnés en aval.

Ce type de réseau est utilisé en zone de faible et moyenne densité humaine.

IV.3.6.2. Réseau maillé

Le réseau maillé permet, au contraire, une alimentation en retour et donc d'éviter l'inconvénient du réseau ramifié. Une simple manœuvre de vanne permet d'isoler le tronçon endommagé. Il est bien entendu plus coûteux d'établissement, mais en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être préféré au réseau ramifié

Ce type de réseau est plus adéquat pour les grandes agglomérations et les zones de forte densité humaine.

IV.3.6.3. Choix du type de réseau

Suivant la structure et l'importance de l'agglomération, nous distinguons ces différentiels types des réseaux de distribution les plus utilisés (les réseaux ramifiés et les réseaux maillés).

IV.3.7. POINTS DE DISTRIBUTIONS

Plusieurs points de distribution comme les bornes fontaines, les kiosques à eau, les bornes scolaires servent à distribuer l'eau. Elles constituent ainsi les derniers éléments de distribution.

Six hypothèses sont à considérer pour la détermination du nombre et les caractéristiques des points de distributions, dont :

- Les désidératas recueillis lors des descentes sur terrain ;
- La structure et concentration géographique des ménages à desservir. La distance entre deux points d'eau devrait être de 250 à 300 m ;
- Un point d'eau pourra servir 80 à 100 habitants ;
- Un kiosque à eau (à deux robinets) peut fournir un débit moyen de 0,2 litres/seconde. ;
- La pression minimum en pied d'un point d'eau est estimée à 2mCE ;
- La pression maximum en pied d'un point d'eau est estimée à 40mCE.

IV.4. DESCRIPTION DE L'AMENAGEMENT A REALISER

Pour la présente étude, la solution d'aménagement proposée comprend :

- La construction des ouvrages de captage : il s'agit d'un captage par drain à partir de la source d'Ambatomikotrana et d'un captage par barrage à partir de la source d'Andohasahakely
- La construction d'un nouveau bassin de filtration à trois compartiments : décantation, filtration et mise en charge ;
- La réhabilitation du réservoir de 24 m³ ;

- La mise en place des conduites d'amené et conduite de distribution ;
- La construction des 05 bornes fontaines, un (01) DLM et un (01) bloc sanitaire ; et la réhabilitation des bornes fontaines existantes par la mise en place des rampes d'accès.

IV.5. CONSISTANCE D'AMENAGEMENT

D'après les résultats des études techniques diverses, pour alimenter les localités d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona en eau, le système proposé est la réhabilitation du système AEPG existant depuis le captage, le transfert, le réservoir et d'ajouter 5 bornes fontaines publics selon les desideratas des bénéficiaires.

Les deux boîtes de captage qui ont déjà existé seront démolies et seront remplacées par un ouvrage par drains. L'ancien captage à Andohasahakely sera également démoli et remplacé par un barrage. Ces eaux de deux (02) sources seront mobilisées et transférées vers le réservoir existant après avoir subi un traitement physique par filtration. Le bassin de filtration sera installé juste en aval du captage de la source 2 (captage à Andohasahakely).

Outre, la réhabilitation du réservoir existant est prévue dans le cadre de ce projet.

En ce qui concerne les conduites, vu leurs vétustés, elles seront toutes remplacées et redimensionnées en fonction des besoins à l'horizon 2036.

Pour les points de distribution, cinq (05) nouvelles bornes fontaines publiques et un (01) DLM pour l'EPP Antanetibe Sud seront à mettre en place. Un bloc sanitaire sera installé au niveau de l'EPP Ambodivona.

Le système complet sera donc composé des deux (02 captages), un filtre, un réservoir de stockage (réhabilitation) avec ses réseaux redimensionnés.

Le tableau ci-après présente la consistance des travaux relatifs à la variante retenue pour desservir la population des villages concernés par le projet.

Tableau 20 : Spécificités des scénarios retenus

	AMENAGEMENT	EMPLACEMENT DES OUVRAGES
1	Captage de la source à Ambatomikotrana : - Construction des drains munis d'un préfiltre et d'une chambre de mise en charge Captage de la source a Andohasahakely : - Construction d'un micro-barrage muni d'un préfiltre et d'une chambre de mise en charge	Captage 1 : 18°51'15,40"S/ 47°43'27,83"E Captage 2 : 18°51'25,85"S/ 47°43'26,46"E
2	Construction d'un bassin de filtration pour traitement de l'eau venant des ouvrages de captage	Juste en aval du captage 2 18°51'26,51"S/ 47°43'26,86"E
3	Réhabilitation du réservoir existant, de capacité 24m3	Près de l'EPP d'Antanetibe Sud 18°51'37,74"S/ 47°43'51,02"E
4	Mise en place des nouvelles conduites : amenées et distributions	Reliant chaque ouvrage
5	Construction d'un bloc sanitaire et des 6 nouveaux points d'eau (1 DLM et 5 Bornes fontaines publics)	- Bloc sanitaire : au niveau de l'EPP Ambodivona - DLM : dans l'enceinte de l'EPP Antanetibe Sud 05 bornes fontaines : au cœur des Fokontany

Source : Auteur

IV.6. PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT ET DE CALAGE DES OUVRAGES

Le dimensionnement et le calage des ouvrages sont basés sur trois paramètres fondamentaux :

- Le débit de pointe de la population à desservir ;
- Le profil en long des côtes piézométriques (tracé de la conduite) ;
- Et les emplacements de différents points de distribution.

-

IV.7. RECONNAISSANCES TOPOGRAPHIQUES

Les investigations topographiques permettent d'établir les différents plans du projet tels que le plan du réseau, le plan des profils en long du tracé de la conduite et les emplacements des ouvrages de charge. A cet effet, des levés topographiques ont été effectués pour déterminer :

- L'emplacement de l'ouvrage de captage ;
- Le tracé des conduites ;
- L'emplacement du réservoir ; et
- L'emplacement des bornes fontaines.

Pour avoir des données précises, un GPS Topographique Z-max 1200 (Thales) a été utilisé. Il permet d'obtenir une précision d'altitude et de distance de $\pm 0,002$ m.

IV.8. CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS OUVRAGES

IV.8.1. OUVRAGE DE CAPTAGE

Les deux sources d'Ambatomikotrana et d'Andohasahakely seront mobilisées pour alimenter le système AEPG.

Le captage de la source 1 est assuré par des drains tandis que pour la source 2, le type de captage conçu est un micro-barrage. Implantés sur un seuil rocheux, les ouvrages de captage seront munis des cannes d'ancrages. Les boîtes de captage existant seront démolies.

Les eaux de deux sources, une fois captée, seront collectées dans le bassin de filtration installé en aval du captage 2 avant le transfert vers le réservoir.

Les travaux nécessaires à la construction des ouvrages de captage sont :

- Construction des drains à partir de la source S1 ;
- Construction d'un micro-barrage au droit du cours de l'écoulement de la source S2 ;
- Positionnement d'une chambre de mise en charge et d'un préfiltre pour chaque ouvrage de captage ;
- Fourniture et pose des équipements hydrauliques.

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des ouvrages de captage.

Tableau 21 : Caractéristiques des ouvrages de captage

	Captage 1	Captage 2
Emplacement	18°51'15,40"S/ 47°43'27,83"E à 1552m d'altitude	18°51'25,85"S/ 47°43'26,46"E à 1543 m d'altitude
Caractéristiques des ouvrages	Le captage est assuré par deux drains implantés sur un seuil rocheux, avec chambre de captage. L'ouvrage est formé par un ouvrage rectangulaire en béton armé, pourvu de trous de barbacanes en paroi amont, avec couvercle à dallette amovible, ainsi que de buse perforée de diamètre nominal 300mm. Des graviers filtres seront placés dans les boîtes en béton armé. Caractéristiques de l'ouvrage : - Longueur L1= 6,0 m - Longueur L2=3,0 m - Hauteur H=0,7 m - Largeur l=0,7m L'ouvrage est ancré par des cannes d'ancrages. <u>Chambre de captage :</u> Bac rectangulaire en béton armé de dimensions 1,5 m x 0,8 m, de hauteur 0,7 m, divisé en deux compartiments, avec couvercle en dallette amovible. -Des graviers filtres seront placés dans le premier compartiment, le deuxième servira de chambre de départ de la conduite : en tuyau galvanisé 33/42 muni d'une crépine.	Barrage en béton cyclopéen, de forme rectangulaire, implanté sur un seuil rocheux, ayant de dimensions : - Longueur L= 3,4 m - Hauteur H= 0,5 m - Largeur l= 0,2 m Des cannes d'ancrages seront servies pour fixation sur seuil rocheux. <u>Chambre de captage :</u> Bac rectangulaire en béton armé, de dimensions 1,5 m x 0,8 m x 0,5 m, divisé en deux compartiments (préfiltre et chambre de mise en charge), avec couvercle à dallette amovible. A la sortie de la chambre de mise en charge, le départ de la conduite est constitué par un tuyau galvanisé 27/29.

Source : Auteur

La mise en place des ouvrages de captage doit être accompagnée d'une attention spécifique pour la protection du bassin versant adjacent afin de conserver la quantité d'eau à long terme. Il est à proposer d'établir un Périmètre de Protection Immédiat.

IV.8.2. RESERVOIR

Afin de fournir aux abonnés une pression suffisante et plus ou moins constante, l'utilisation d'un réservoir est très importante.

La différence d'altitude entre le réservoir et l'agglomération le plus haut dans les Fokontany à desservir est de 5 mètres ce qui signifie dire que le réservoir domine topographiquement le village.

IV.8.2.1. Capacité du réservoir

La capacité du réservoir est calculée de différente manière en fonction du concepteur.

IV.8.2.1.1. Méthode théorique

L'évaluation de la capacité du réservoir se base sur le besoin journalier et sur le débit journalier réellement capté. Le volume du réservoir (volume d'eau à stocker) devra satisfaire le besoin en toute heure de puisage notamment en période de pointe. Comme il s'agit d'une adduction d'eau gravitaire, l'apport de la source dans le système se fait donc pendant 24 heures sans interruption. Le volume d'eau stocké doit être supérieur ou égal à la plus grande valeur absolue de l'écart entre le volume cumulé de l'apport (V_{ac}) et le volume cumulé puisé (V_{pc}).

Le volume d'eau puisé cumulé (V_{pc}) sera obtenu en faisant la cumule du volume d'eau puisée par tranche horaire qui n'est autre que la consommation journalière multipliée par le coefficient de répartition de puisage.

D'après les résultats de l'enquête auprès des villageois, nous pouvons distinguer six périodes bien distinctes de répartition de puisage.

Un coefficient dit « coefficient de consommation » ou « coefficient de répartition de puisage » sera ainsi affecté à chacune de ces périodes et sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 22 : Coefficient de consommation journalière

Horaires	5 -8 h	8-12 h	12 - 15 h	15 - 19 h	19 - 22 h	22 -05 h
Durée (h)	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	7,00
Coefficient de répartition de puisage	0,18	0,22	0,18	0,22	0,12	0,08

Source :WaterAid-Année 2021

Par ailleurs, le volume d'apport pendant une durée t est obtenu en multipliant l'apport de la source qui est égale à **0,6 l/s** par le temps de puisage. Puis on cumule les valeurs obtenues par tranche horaire afin d'avoir le volume d'apport cumulé.

D'après calcul, la dimension théorique du réservoir est égale **12m³**.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 23 : Capacité théorique du réservoir

Horaires	5 - 8 h	8-12 h	12 - 15 h	15 - 19 h	19 - 22 h	22 -05 h	Total
Durée (h)	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	7,00	24,00
Coefficient de répartition de puisage	0,18	0,22	0,18	0,22	0,12	0,08	
Volume puisé (l)	9 382,00	11 466,00	9 382,00	11 466,00	6 254,00	4 170,00	52 120,00
Volume puisé cumulé (l)	9 382,00	20 848,00	30 229,00	41 696,00	47 950,00	52 120,00	
Apport (l)	6 480,00	8 640,00	6 480,00	8 640,00	6 480,00	15 120,00	
Apport cumulé Vac (l)	6 480,00	15 120,00	21 600,00	30 240,00	36 720,00	51 840,00	-11 456,00
Ecart (Vac -Vpc) (l)	-2 902,00	-5 728,00	-8 629,00	-11 456,00	-11 230,00	-280,00	11 456,00
Capacité du réservoir(m3)	12						

Source : Auteur

IV.8.2.1.2. Méthode pratique

Selon la formule de FONLLADOSA, la capacité du réservoir dépend de la consommation journalière de la population. Le dimensionnement de notre réservoir est à 42% de la consommation moyenne journalière, alors nous avons :

$$C = \frac{C_{mj} \times 42}{100}$$

Avec : C= Capacité du réservoir [m³]

C_{mj}= Consommation moyenne journalière de la population [m³]

Pour notre projet, C_{mj}= 52, 12 m³/j (Tableau 10)

D'après calcul, nous trouvons C= 21, 89[m³]

IV.8.2.2. Caractéristique du réservoir

La réserve existante récupérable pour la remise à niveau du système représente un volume de 24 m³. Son volume est déjà adapté au nombre de la population jusqu'à l'horizon 2036. Seule sa réhabilitation est à prévoir.

Le réservoir à réhabiliter est un réservoir au ras du sol, en béton armé de forme circulaire. Leurs dimensions sont :

- ✓ Diamètre intérieur : 3,2m
- ✓ Epaisseur de la voile : 15cm
- ✓ Hauteur du réservoir : 2, 5m
- ✓ Epaisseur de la dalle : 20cm

Les travaux de réhabilitation concernent :

- Le nettoyage de l'intérieure de la cuve
- La Mise en œuvre de l'enduit extérieur
- La Réalisation de la maçonnerie en béton armé pour la paroi et pour la chambre de vanne
- La pose de tuyauteries et accessoires
- La pose de menuiserie métallique ainsi que la peinture de la partie non enterrée
- Et la mise en place d'une échelle démontable en aluminium de largeur 0, 4m

IV.8.3. BASSIN DE FILTRATION

IV.8.3.1. Description

La filtration des eaux provenant de deux sources sera effectuée ensemble dans un ouvrage de traitement unique.

Le filtre s'agit du type vertical à flux descendant et est composé de trois compartiments dont :

- Une chambre d'entrée d'eau brute. Le rôle de ce compartiment est de réduire l'énergie de la chute d'eau arrivante et d'assurer la répartition uniforme de l'eau brute sur toute la surface filtrante. Il joue aussi le rôle de préfiltre dans le traitement ;
- Un compartiment pour la filtration dans lequel se trouvent les couches filtrantes composées de graviers et de sables. Ce compartiment permet d'arrêter les floccs ou les matières en suspension non décantées dans le préfiltre ;
- Un compartiment pour mettre en repos l'eau préalablement traitée.

IV.8.3.2. Emplacement de l'ouvrage

L'ouvrage de filtration sera installé juste en aval de captage 2, aux points de coordonnées suivantes : 18°51'26,51"S/ 47°43'26,86"E à 1537 m d'altitude.

IV.8.3.3. Constitution du filtre

Les couches filtrantes sont constituées par des matériaux locaux. Le sens de l'écoulement de l'eau se différencie dans les deux compartiments (chambre de décantation et chambre de filtration).

La disposition des couches filtrantes sont prédéfinies dans le tableau suivant :

Tableau 24 : Disposition des couches filtrantes

Désignation	Epaisseur [cm]
Couche supérieure Caillasse	20
Couche intermédiaire Sable	30
Couche intermédiaire Gravier	20
Couche inférieure Gravier	20
Total	90

Source : Auteur

IV.8.3.4. Hauteur d'eau nécessaire dans le filtre

Avec l'existence des pertes de charges à travers les couches filtrantes, elles requièrent une charge de l'eau dans l'ouvrage d'entrée pour faire passer l'eau vers le 2^{ème} compartiment c'est-à-dire le bassin de filtration. Les pertes de charges sont matérialisées par la différence de niveau d'eau dans les deux bassins, ses valeurs sont en fonction de plusieurs paramètres mentionnés ci-dessous :

- Le débit de l'eau à filtrer,
- La surface filtrante,
- La perméabilité relative à chaque matériau, qui dépend du coefficient de perméabilité K.

La loi de DARCY est applicable pour évaluer les pertes de charges car l'écoulement de l'eau à travers les couches filtrantes est lent, elle a les caractéristiques d'un écoulement laminaire.

Elle est donnée par la relation suivante :

$$\frac{Q}{S} = K \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

Avec :

ΔH : Perte de charge [m]

ΔL : Epaisseur de la couche traversée par l'eau [m]

K : Coefficient de perméabilité [m/s]

Q : Débit d'infiltration [m³/s]

S : Surface filtrante [m²]

Les étapes de calcul de la conductivité ou de la perméabilité hydraulique K sont présentés en annexe 5.

Tableau 25 : Perte de charge à travers les couches filtrantes

Paramètres	Unité	Valeurs
ρ	Kg/m ³	1000
g	m/s ²	9,81
w	kg/m ² .s ²	9810
dg	m	0,0009
dg^2		0,00000081
h_k		5
Φ		0,27
Φ^2		0,0729
Φ^3		0,019683
$dg^2/36h_k$		4,5E-09
$1-\Phi$		0,73
$(1-\Phi)^2$		0,5329
$\Phi^3/(1-\Phi)^2$		0,036935635
k		1,66210358E-10
μ	kg m-2 s	0,000134
K		1,21680867E-02
DH	m	0,08
L	m	0,9
i		0,0889
V	m/s	0,0010816
V	m/h	3,894
Q à traiter	m ³ /h	2,7
Section filtre	m ²	0,69

Source : Auteur

A partir de ce tableau, la différence minimale entre la hauteur d'eau dans les ouvrages d'entrée et du bassin de filtration est égale à 8 [cm], pour assurer le fonctionnement de l'ouvrage de filtration, nous majorerons la charge à 10 [cm].

IV.8.3.5. Dimensionnement du filtre

Le filtre est en béton armé dosé à 350Kg/m³, d'épaisseur 10cm. Il est en semi-enterré. L'ouvrage est équipé des éléments suivants : une conduite d'entrée, une conduite de sortie muni de crépine et des vannes, un trop plein et des vidanges de fond avec vannes. (Plan de l'ouvrage en annexe 10)

Il est à noter qu'au-dessus du niveau d'eau dans les compartiments, nous devons laisser un vide pour faire circuler l'oxygène de l'air. Les dimensions de chaque compartiment avec les épaisseurs des différentes couches sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 26 : Dimensionnement de chaque compartiment du bassin de filtration

Dimension	Chambre d'entrée		Bassin de filtration	Bassin de réception
Largeur	0,7		0,7	0,7
Longueur	1,0		1,0	1,0
Hauteur	Eau surnageante	1,5	0,4	1,6
	Couches filtrantes	0,0	0,9	
	Dalle perforé	0,0	0,1	
	Revanche	0,1	0,2	
	Total	1,6	1,6	

La vitesse d'infiltration, est égale à **3, 89 [m/h]**.

IV.8.4. CANALISATIONS

Le réseau de distribution choisi dans notre étude est le réseau ramifié car Anjepy fait partie d'une zone faible et moyenne densité humaine.

La note de calcul de la dimension des conduites est affichée dans l'annexe 7.

IV.8.4.1. Conduite d'amené

La conduite d'amenée est le raccordement du captage au site de stockage et/ou de traitement par une tuyauterie en PEHD.

Pour le présent projet, la conduite d'amenée a une longueur totale de 1 961m. Les canalisations sont de tuyaux en PEHD, de diamètre nominal variant de 32mm à 50mm, de pression nominale de 10bars.

La conduite d'amenée se détaille comme suit :

- Amenée 1 : qui transfère l'eau de source d'Ambatomikotrana vers le bassin de filtration
- Amenée 2 : qui transfère l'eau de la source d'Andohasakely vers le bassin de filtration, puis elle conduit l'eau des deux sources depuis le filtre jusqu'au réservoir.

Le tracé du transfert va longer en grande partie une zone boisée. Il traverse également des terrains rocheux ainsi que des pistes. En effet, il est proposé de protéger le tuyau PEHD par un tuyau galvanisé ou un berceau en béton armé.

Outre, le tracé traverse de point haut et de point bas et ceci entraîne :

- La présence d'air dans la conduite (dans le point haut)
- Les dépôts dans le point bas
- L'augmentation des pertes de charges singulières

Afin de remédier ces problèmes, une ventouse sera installée dans le point haut et une vidange dans le point bas.

Le tableau suivant présente les points singuliers ainsi que les aménagements à faire.

Tableau 27 : Passages difficiles

Description	Localisation	L (m)	Aménagement à faire
Passage sous piste	18°51'24,32"S/ 47°43'31,74"E	6,0	Fourreaux galvanisés
	18°51'42,67"S/ 47°43'37,54"E	16,0	Fourreaux galvanisés
Passage sur seuil rocheux	18°51'16,06"S/ 47°43'28,05"E	28,0	Fourreaux galvanisés et berceau en béton armé
	18°51'17,73"S/ 47°43'30,36"E	25,0	Fourreaux galvanisés et berceau en béton armé
	18°51'18,65"S/ 47°43'30,20"E	52,5	Fourreaux galvanisés et berceau en béton armé
	18°51'32,04"S/ 47°43'31,80"E	37,5	Fourreaux galvanisés et berceau en béton armé
	18°51'26,90"S/ 47°43'27,26"E	6,0	Fourreaux galvanisés
	18°51'28,95"S/ 47°43'27,98"E	5,0	Fourreaux galvanisés
	18°51'40,69"S/ 47°43'45,74"E	6,0	Fourreaux galvanisés

Source : Auteur

Pour résumer les points singuliers et les équipements notables sont :

- Une vidange
- Une ventouse
- Des fourreaux galvanisés de longueur totale de 182m
- Des berceaux en béton armé de longueur totale de 143m

IV.8.4.2. Conduite de distribution

La conduite de distribution a une longueur totale de 2681m. Les canalisations sont en PEHD de diamètre nominal variant de 25mm à 50 mm, de pression nominale de 10bars. La conduite se détaille comme suit :

- Distribution 1 : qui alimente un bloc sanitaire et 8 bornes fontaines à savoir BF5, BF7, BF8, BF9, BF10, BF11, BF12, BF13 ;
- Distribution 2 : qui dessert un DLM et 8 bornes fontaines dont BF1, BF2, BF3, BF4, BF6, BF14, BF15, BF16.

Les équipements notables sont :

- Une vidange installée dans le point bas
- 3 vannes de sectionnement

IV.8.4.3. Répartition de dimension de la conduite

Le tableau ci-après présente la récapitulation des conduites. Le tableau qui présente le détail de la répartition de débit et la dimension des conduites est présenté dans l'annexe 7 (Note de calcul).

Tableau 28 : Récapitulation des conduites

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE
IV	CONDUITE D'AMENEE		
310-05-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 40 PN	ml	1 931
310-06-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 32 PN	ml	30
VI	CONDUITE DE DISTRIBUTION		
310-04-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 50 PN	ml	354
310-05-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 40 PN	ml	1417
310-06-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 32 PN	ml	511
310-07-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 25 PN	ml	506

Source : Auteur

IV.8.4.4. Dispositions constructives

Matériaux : Les canalisations sont en PEHD conformes à la norme EN12201-2 ou norme ISO équivalente. Ces matériaux sont standards pour l'alimentation en eau potable en milieu rural à Madagascar et peuvent être fabriqués dans le pays, surtout les petits diamètres (inférieur à 125 mm). Ils présentent les avantages suivants :

- Moindre coût ;
- Légèreté qui facilite le transport et la pose ;
- Forte inertie chimique et donc un bon maintien dans le temps des caractéristiques hydrauliques.

Fouilles : Les conduites seront enfouies à 0,80 m de profondeur et 0,40 m de largeur. Sur les passages sous pistes, il est recommandé d'enterrer les tuyaux à une profondeur de 1,00m.

IV.9. POINTS DE DISTRIBUTIONS

Dans le cadre de ce projet, Deux types de points de distribution d'eau seront proposés pour le besoin des publics, à savoir :

- ✓ Borne fontaine : un point de distribution accessible à tout public ;
- ✓ Borne scolaire (DLM) : qui sera implantée dans l'établissement scolaire (EPP) sous forme de dispositif de lavage des mains (DLM)

IV.9.1. BORNES FONTAINES

Les bornes fontaines sont des ouvrages mis à la disposition de la population pour utiliser l'eau. Elles servent à distribuer l'eau à chaque point de puisage choisi pour desservir les bénéficiaires. Le projet prévoit l'implantation de 5 nouvelles bornes fontaines communautaires accessibles. Elles seront placées selon le souhait et le besoin des bénéficiaires.

Toutes les bornes fontaines seront bien clôturées et bien entretenues par les futurs bénéficiaires.

Ils sont en béton armé dont les caractéristiques sont détaillées dans les plans techniques (annexe 10).

Les caractéristiques des bornes fontaines sont au niveau de :

- Forme : Trapézoïdale en béton armé,
- Hauteur totale : 1,00 m,
- Socle : Cf. plan,
- Dispositif d'évacuation des eaux usées : PVC ou PEHD 63, longueur suivant point de décharge (six mètres au moins).

Les 5 bornes fontaines à installer pour ce projet se répartissent en :

Tableau 29 : Coordonnées de l'emplacement des nouvelles bornes fontaines

OUVRAGES	LATITUDE	LONGITUDE
BF12	18°51'9,64"S	47°44'4,32"E
BF13	18°51'27,07"S	47°43'57,98"E
BF14	18°51'26,13"S	47°44'5,58"E
BF15	18°51'31,98"S	47°43'55,93"E
BF16	18°51'36,42"S	47°43'56,10"E

Source : Auteur

IV.9.2. ASSAINISSEMENT

Comme il est décrit dans le Code de l'Eau, les projets d'alimentation en eau potable et d'assainissement sont inséparables, ainsi, il faudrait prévoir le sous-secteur assainissement.

La conception des bornes fontaines tient déjà compte de l'évacuation des eaux résiduaires autour de ces ouvrages. En général, une pente minimale est prévue pour permettre l'évacuation de ces eaux résiduaires.

Toutefois, des puisards de (1,00x1,00) m avec couvercle amovible en béton armé sont préconisés pour collecter les eaux résiduaires des bornes fontaines, du bloc sanitaire et de la lave main scolaire.

IV.9.2.1. Dispositif de lavage des mains :

Un DLM est formée d'un socle de dimension (0,75 x 2,50) m et une hauteur de 0,45m ; une colonne de 1,30m de hauteur placée au milieu comporte huit robinets de puisage sur les deux côtés. La conduite de branchement à partir de la conduite principale sera en PEHD 26,2/32 ou 20,4/25. Une vanne précédée d'un compteur d'eau calibre 20 sera placée dans un regard en béton avec couvercle de dimension 40 x 40 x 60.

Un DLM sera installé au niveau de l'enceinte de l'EPP Antanetibe Sud.

IV.9.2.2. Bloc sanitaire :

Pour l'amélioration de l'accès à l'assainissement, le projet prévoit la mise en place d'un système d'assainissement collectif. Par conséquent, un (01) bloc sanitaire à 04 compartiments sera implanté. Ce système assurera par ailleurs trois (03) fonctions : (i) lavage corporel, (ii) urinoir et (iii) salle de défécation.

Un mécanisme de lave-main est également mis en place dans ces blocs sanitaires, par conséquent, ils doivent d'être approvisionnés en eau potable de manière continue.

Pour une souplesse d'exploitation des blocs sanitaires, un point de distribution d'eau, de type kiosque à eau est prévu dans l'enceinte de chaque bloc ; la gestion de ce point d'eau et du bloc sanitaire est assurée par une seule personne.

Le bloc sanitaire à 4 compartiments sera installé au niveau de l'EPP d'Ambodivona. (Le plan est mentionné dans l'Annexe 10)

CHAPITRE V. SIMULATION DU RESEAU SUR EPANET 2.0

V.1. INTRODUCTION

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Il calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau.

V.2. MANIPULATION DU LOGICIEL

V.2.1. DONNEES DE BASE POUR LA SIMULATION

Les données nécessaires pour pouvoir faire la simulation sur le logiciel sont :

- Les altitudes de chaque élément du réseau (source, réservoir, nœuds, etc.)
 - La demande de base de chaque nœud ou d'eau nominale [L/s] ;
 - La longueur des tronçons [m] ;
 - Les dimensions des réservoirs : diamètre réelle, altitude du radier, niveau minimal et maximal d'eau dans le réservoir
 - La nature des singularités au niveau de chaque tronçon : coefficient de rugosité du tuyau
- Ces données sont insérées dans le logiciel après le traçage du réseau.

V.2.2. LES ETAPES DE L'UTILISATION D'EPANET

Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET pour modéliser un système de distribution d'eau sont les suivantes :

- ✓ Configuration du projet,
- ✓ Dessiner un réseau représentant le système de distribution ou importer une description de base du réseau enregistrée dans un fichier au format texte ;
- ✓ Saisir les propriétés des éléments du réseau : source, réservoir, nœuds, tuyaux (voir la
- ✓ Sélectionner un ensemble d'options de simulation ;
- ✓ Lancer une simulation hydraulique
- ✓ Visualiser les résultats d'une simulation.

V.2.2.1. Configuration d'un nouveau projet

La première étape consiste à créer un nouveau projet dans EPANET et de s'assurer que les options sélectionnées par défaut sont correctes.

Pour commencer, démarrez EPANET ou s'il est déjà ouvert choisissez *Fichier >> Nouveau* (de la barre de menu) pour créer un nouveau projet.

Puis choisissez *Projet >> Par Défaut* pour ouvrir la boîte de dialogue représentée dans la figure 22 ci-dessous. Nous emploierons cette boîte de dialogue pour qu'EPANET numérote automatiquement les nouveaux objets avec des nombres consécutifs à partir de 1 au fur et à mesure qu'ils sont ajoutés au réseau.

Sous la rubrique ID (Étiquettes d'Identification) de la boîte de dialogue, effacez tous les champs de préfixe ID et choisissez 1 comme *Incrément ID*.

Ensuite, choisissez la rubrique Hydrauliques de la boîte de dialogue et sélectionnez comme Unités de débit *LPS (litres par seconde)*.

Ceci implique dans ce cas que les unités métriques SI seront utilisées pour toutes les autres quantités (longueurs en mètres, diamètres en millimètres, pressions en mètres, etc).

Sélectionnez aussi *Darcy-Weisbach (D-W)* comme Formule pour les Pertes de Charge.

La formule de Darcy -Weisbach est théoriquement la plus correcte, car elle s'applique à tous les régimes d'écoulement et à tous liquides.

$$H_L = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} = 0,0827 f \frac{L}{d^5} Q^2$$

Avec :

H_L = Pertes de charge [m]

L = Longueur du tuyau [m]

g = accélération de la pesanteur

f = Facteur de friction

V = Vitesse d'écoulement [m/s]

d = Diamètre du tuyau [m]

Q = Débit [m³/s]

Il est à remarquer que le facteur de friction est fonction du rapport du coefficient de rugosité relative avec le diamètre de la conduite et du nombre de Reynolds.

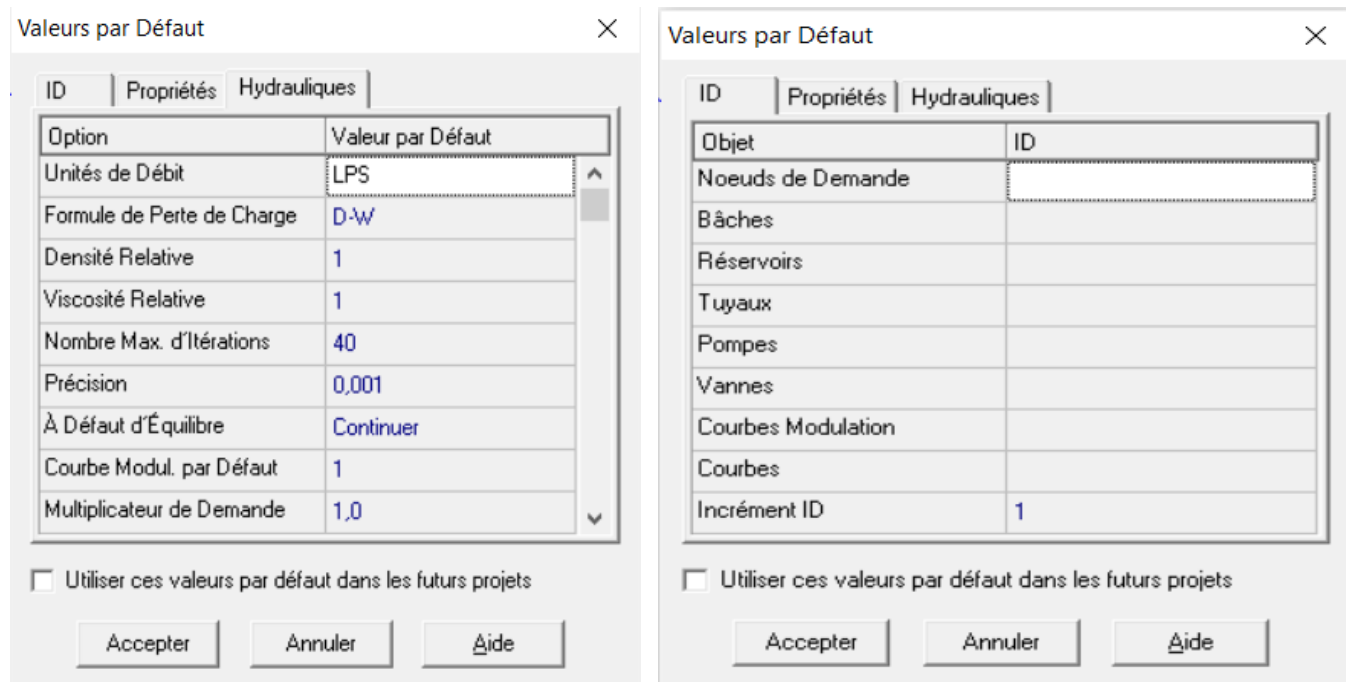


Figure 22 : Boîte de dialogue des valeurs par défaut

Si vous désirez sauvegarder cette configuration pour les projets futurs, vous pouvez cocher la case Utiliser ces valeurs par défaut dans les futurs projets en bas de la rubrique avant de valider en cliquant sur *Accepter*.

Ensuite, nous choisirons les options d'affichage du schéma de sorte qu'en ajoutant des objets au schéma, leurs étiquettes d'identification et leurs symboles soient affichés. Choisissez *Affichage >> Options du schéma* dans le menu principal pour atteindre la boîte de dialogue Options du Schéma. Choisissez-la rubrique Affichage et cochez les cases comme représentées dans la figure 23 ci-dessous.

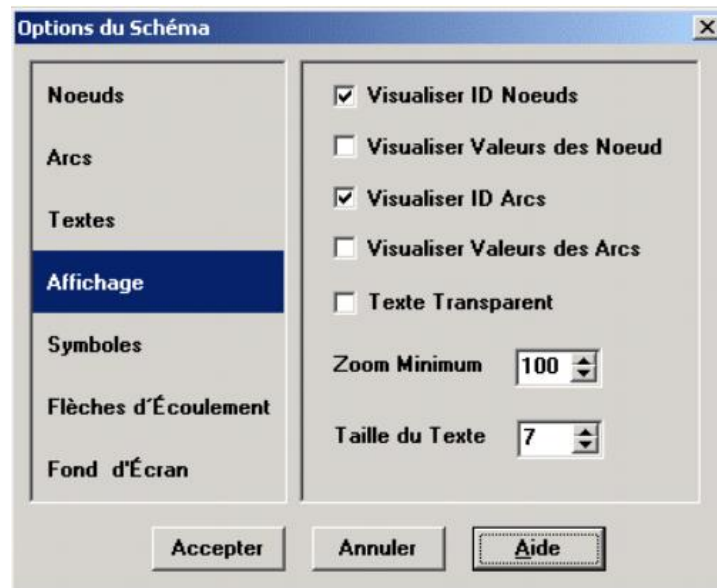


Figure 23 : Boîte de Dialogue Options du Schéma

Ensuite cochez toutes les cases de la rubrique Symboles. Cliquez enfin sur le bouton *Accepter* pour confirmer votre choix et fermer la boîte de dialogue.

Pour terminer, nous devons nous assurer que l'échelle du schéma est acceptable avant de dessiner notre réseau. Choisissez *Affichage >> Dimensions*.

Dans le menu principal pour atteindre la boîte de dialogue Dimensions du Schéma, et observez les dimensions par défaut assignées au nouveau projet. Comme nous supposons que cette configuration est suffisante, vous pouvez cliquer sur le bouton *Accepter*.

V.2.2.2. Tracé du réseau :

Nous sommes maintenant prêts à dessiner le réseau en nous servant de la souris et des boutons de la barre d'outils du schéma affichée ci-dessous (si la barre d'outils n'est pas visible sélectionnez *Affichage >> Barres d'Outils >> Schéma*).



Figure 24 : Les barres d'outils de l'EPANET

- ✓ Dans un premier temps, nous allons placer une Bâche infinie (ou plusieurs), Cliquez sur le bouton *Ajouter Bâche*, et indiquez ensuite l'emplacement de la bâche en cliquant dans le schéma avec la souris.
- ✓ Ensuite, nous allons ajouter les nœuds de demande. Cliquez sur le bouton *Ajouter Nœud de demande* et indiquez ensuite la position des nœuds cliquant sur le schéma.

- ✓ Ajoutez enfin le réservoir (ou plusieurs) en cliquant sur le bouton *Ajouter Réservoir* et en marquant son emplacement dans le schéma.
- ✓ Dans un deuxième temps, nous allons ajouter les tuyaux. Cliquez sur le bouton *Ajouter Tuyau* dans la Barre d'Outils, puis dans le schéma sur un premier nœud avec la souris, ensuite sur un second nœud répétez l'opération pour les l'ensemble des tuyaux. Dans le cas d'un tuyau courbé. Il suffit de cliquer sur les points où un changement de direction est nécessaire pour afficher la forme désirée.
- ✓ En troisième temps, nous allons ajouter la pompe (ou plusieurs). Cliquez sur le bouton *Ajouter Pompe*, puis sur deux nœuds A et B encadrant la pompe.

Notez que le programme génère automatiquement les étiquettes séquentielles, selon l'ordre dans lequel vous ajoutez les objets au réseau.

Si des nœuds sont mal positionnés vous pouvez les déplacer en cliquant sur le nœud deux fois, et puis en le faisant glisser dans sa nouvelle position en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé. Notez que les tuyaux reliés au nœud sont déplacés avec lui. Les textes peuvent être déplacés de la même façon.

V.2.2.3. Saisie des Propriétés des Objets

À mesure que nous ajoutons des objets à un projet, EPANET leur assigne un ensemble de propriétés par défaut.

Pour modifier la valeur d'une propriété particulière d'un objet, il faut sélectionner cet objet dans l'*Éditeur de Propriétés* (figure 25). Il y a plusieurs manières d'y parvenir. Si l'éditeur est déjà visible, vous pouvez simplement cliquer sur l'objet ou le sélectionner dans le *Navigateur des Données*.

Si l'éditeur n'est pas visible, vous pouvez le faire apparaître d'une des manières suivantes :

- Double-cliquez sur l'objet dans le schéma.
- Cliquez sur l'objet avec le bouton droit de la souris et choisissez *Propriétés* dans le menu contextuel qui apparaît.
- Sélectionnez l'objet dans le *Navigateur des Données* et cliquez ensuite sur le bouton *Édition* (ou double cliquez sur l'objet) .

Lorsque l'éditeur de propriétés est sélectionné vous pouvez taper sur la touche F1 pour obtenir une description plus complète des propriétés énumérées.

Commençons à renseigner les propriétés en choisissant les différents nœuds dans l'éditeur des propriétés comme affiché ci-dessus. Nous allons saisir l'*Altitude et la Demande de Base* pour chaque nœud dans les champs appropriés.

Pour vous déplacer d'un champ à l'autre vous pouvez utiliser les touches de déplacement Haut et bas du clavier ou bien la souris. Il suffit maintenant de cliquer sur un autre objet (nœud ou arc) pour faire apparaître ses attributs dans l'éditeur de propriétés. (Nous pourrions également taper sur les touches *Page Suivante* ou *Page Précédente* pour nous déplacer au prochain objet ou au précédent de la même classe dans la base de données). De cette manière, nous pouvons uniquement nous déplacer d'objet en objet et compléter *l'Altitude* et *la Demande de Base*.

Pour *la bêche* (ou plusieurs), vous saisissez son *Altitude* dans le champ de *Charge Totale*.

Pour *le réservoir* (ou plusieurs), introduisez *l'altitude du Radier : la hauteur du Niveau Initial, la hauteur de son Niveau Minimal, la hauteur de son Niveau Maximal*, et enfin son *Diamètre*.

De la même façon, nous cliquons sur chacun des *tuyaux* pour faire apparaître ses propriétés dans l'éditeur des Propriétés et introduisez *la Longueur, le Diamètre, et la Rugosité*

Propriété	Valeur
*ID Noeud	2
Coordonnée X	1184,28
Coordonnée Y	7908,28
Description	
Genre	
*Altitude	210
Demande de Base	0
Courbe Modul. Demande	
Catégories de Demande	1
Coeff. de l'Émetteur	
Qualité Initiale	
Qualité de Source	

Figure 25 : L'éditeur de propriétés

V.2.2.4. Sauvegarder et Ouvrir des Projets

Après avoir complété le tracé initial du réseau, il est préférable de le sauvegarder dans un fichier.

- ✓ Dans le menu Fichier choisissez *Enregistrer Sous*.
- ✓ Il apparaît une boîte de dialogue avec le titre *Enregistrer le Projet Sous*, dans laquelle vous choisissez un répertoire et un nom de fichier sous lesquels vous souhaitez sauvegarder ce projet (L'extension ne sera ajoutée au nom de fichier par défaut.).
- ✓ Cliquez sur *Accepter* pour enregistrer le projet.

Les données du projet sont enregistrées dans le fichier sous un format binaire spécial. Si vous voulez sauvegarder les données du réseau au format texte, utilisez *Fichier >> Exporter >> Réseau*.

Pour ouvrir votre projet ultérieurement, choisissez la commande Ouvrir à partir du menu Fichier.

V.2.2.5. Exécution d'une Simulation d'Écoulement Permanent

Maintenant nous avons maintenant assez d'information pour exécuter une simulation hydraulique d'écoulement permanent (ou bien pour un instant déterminé) de réseau. Pour exécuter la simulation, choisissez *Projet >> Lancer la simulation*  ou cliquez sur le bouton lancer la simulation de la barre standard. (Si la barre standard n'est pas visible sélectionnez *Affichage >> Barres d'Outils >> Standard de la Barre de Menu*).

Si le calcul n'a pas réussi un rapport d'état apparaît indiquant le problème. Si le calcul a été effectué avec succès vous pouvez visualiser les résultats de différentes manières :

- Dans le *Navigateur du Schéma*, sélectionnez *Pression du menu déroulant Nœuds*. Observez que les valeurs de pression aux nœuds sont représentées par des codes couleur différents. Pour visualiser la légende avec le code couleur (si elle n'est pas encore visible), sélectionnez *Affichage >> Légendes >> Nœud* (ou cliquez sur n'importe quelle zone vide de la carte avec le bouton droit de la souris et sélectionnez *Légende de Nœud* dans le menu contextuel). Pour changer les intervalles et les couleurs de la légende, cliquez sur la légende avec le bouton droit de la souris pour faire apparaître *l'Éditeur de Légende*.
- Ouvrez *l'Éditeur de Propriétés* (double-cliquez sur un nœud ou un arc) et notez que les résultats calculés sont affichés à la fin de la liste des propriétés.
- Créez un tableau de résultats en sélectionnant *Rapport >> Tableau* (ou en cliquant sur le bouton de *Tableau dans la Barre d'Outils Standard*). 

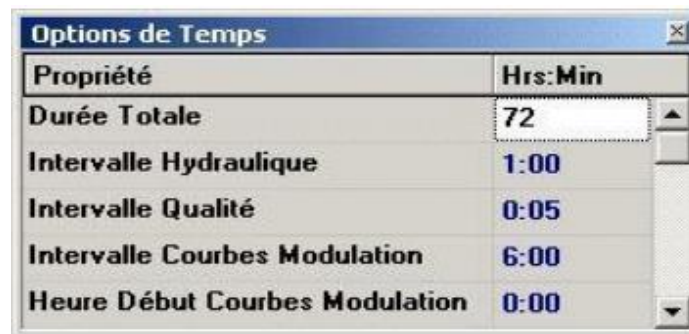
V.2.2.6. Exécution d'une Simulation de longue durée

Pour rendre notre étude plus réaliste et pour simuler le comportement du système sur une longue durée nous allons créer une Courbe de Modulation dans laquelle les demandes aux nœuds changent périodiquement pendant la journée.

Le terme « longue durée » indique une succession d'écoulements permanents, pendant lesquels les niveaux d'eau des réservoirs sont mis à jour périodiquement.

Pour fixer la durée d'un intervalle temps sélectionnez *Options. Temps* dans le *Navigateur des Données*, et cliquez sur le bouton *Édition du navigateur* (ou double-cliquez sur la sélection) pour faire apparaître *l'Éditeur des Propriétés* (s'il n'est pas encore visible). Saisissez ensuite une valeur d'Intervalle des Courbes de Modulation (comme représenté dans la figure 26 ci-dessous).

Pendant que l'éditeur des Options Temps est ouvert nous pouvons également fixer la durée totale de la période de la simulation.



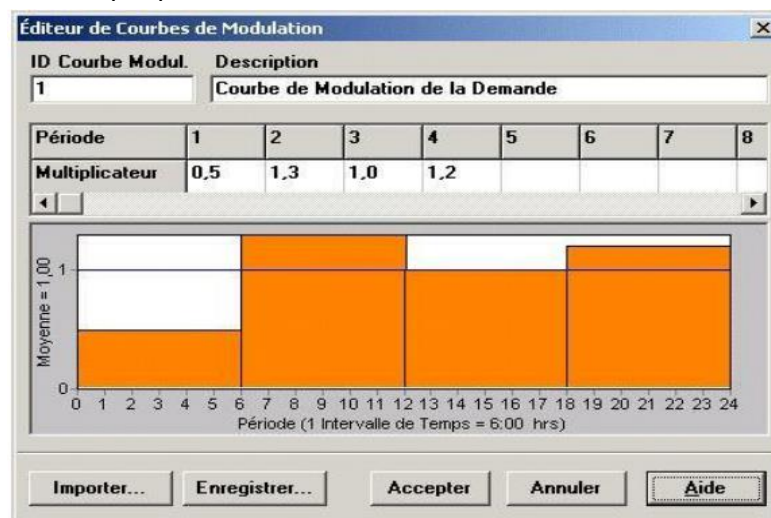
Propriété	Hrs:Min
Durée Totale	72
Intervalle Hydraulique	1:00
Intervalle Qualité	0:05
Intervalle Courbes Modulation	6:00
Heure Début Courbes Modulation	0:00

Figure 26 : Exemple d'un Ajustement des paramètres temporels

Pour créer une courbe de modulation, sélectionnez *Courbes Modul* dans le navigateur et cliquez sur le bouton *Ajouter* (ou tapez sur la touche Insertion).

Une nouvelle courbe de modulation, portant l'identification (ID) 1, est créée et la boîte de dialogue de l'Éditeur de Courbe de Modulation s'ouvre (voir la figure 27).

Introduisez des multiplicateurs pour des périodes déterminés, pour donner à notre courbe de modulation une durée de 24 heures. Cliquez *Accepter* pour fermer l'éditeur. Les multiplicateurs sont les valeurs avec lesquelles il faut multiplier la demande de base pour obtenir la demande dans chaque période.



ID Courbe Modul.	Description
1	Courbe de Modulation de la Demande

Période	1	2	3	4	5	6	7	8
Multiplicateur	0,5	1,3	1,0	1,2				

Moyenne = 1,00

Période (1 Intervalle de Temps = 6:00 hrs)

Importer... Enregistrer... Accepter Annuler Aide

Figure 27 : Exemple d'un Éditeur de Courbe de Modulation

Nous devons maintenant assigner la courbe de modulation 1 à tous les nœuds de demande de notre réseau. Nous pouvons utiliser une option hydraulique d'EPANET pour éviter d'avoir à éditer chaque nœud de demande individuellement. Si vous ouvrez *les Options*

Hydrauliques dans l'éditeur des Propriétés, il apparaît un champ appelé *Courbe de Modulation par Défaut*.

Mettre sa valeur égale à 1 entraîne que la courbe de modulation de la demande à chaque nœud de demande sera la courbe de modulation 1, (s'il n'y a aucune autre courbe de modulation assignée au nœud de demande).

Ensuite, exécutez la simulation (sélectionnez *Projet >> Lancer la Simulation* ou cliquez sur le bouton  de la *barre d'outils standard*). Pour une simulation sur une longue durée vous pouvez visualiser les résultats de plusieurs manières :

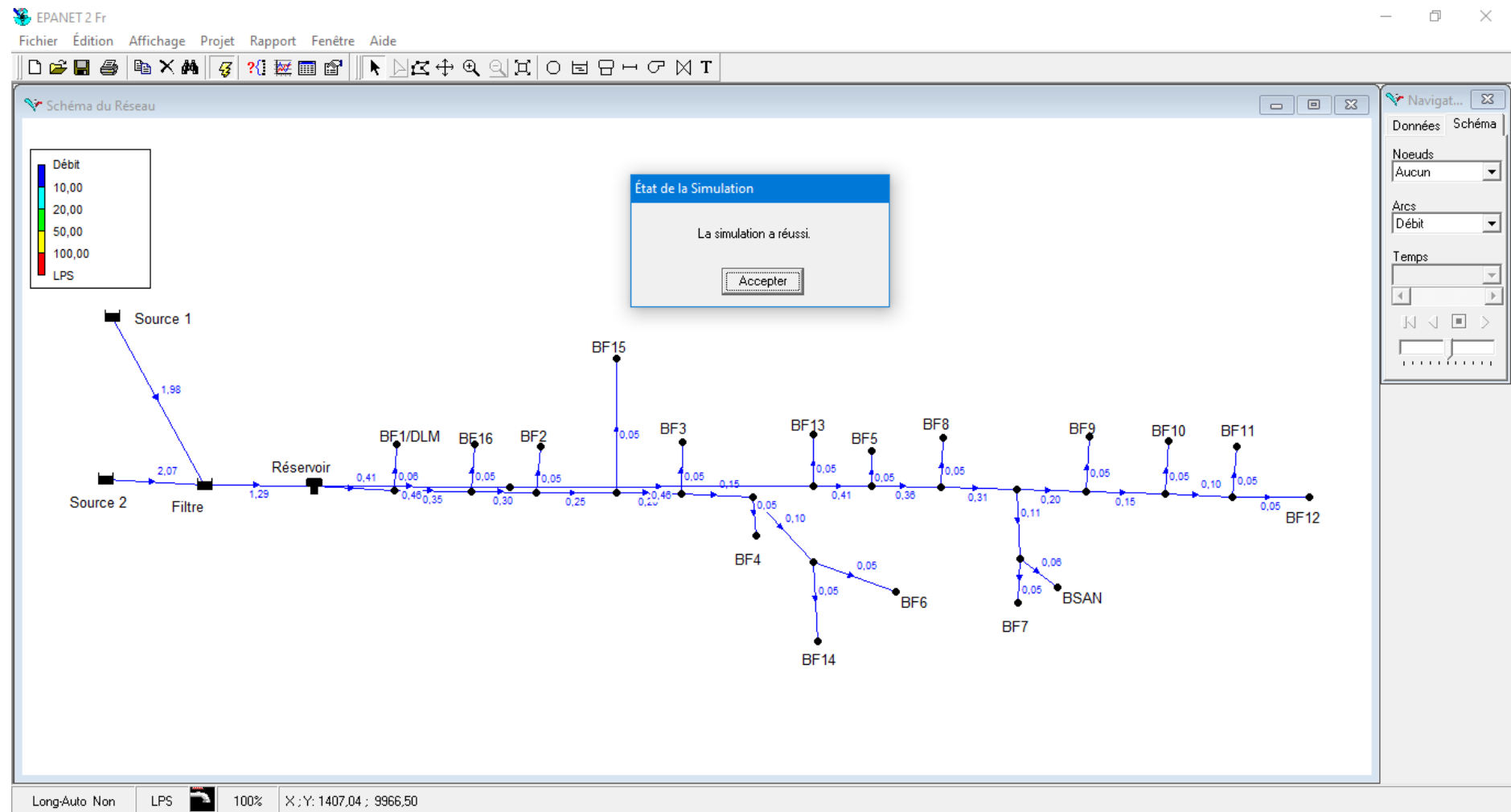
- La barre de défilement dans le Navigateur sert à afficher les résultats sur le schéma aux différents instants de la simulation. Essayez en sélectionnant la Pression comme paramètre des nœuds et le Débit comme paramètre des arcs (options par défaut).
- Les boutons du type vidéo dans le Navigateur permettent de voir les résultats dans le schéma au moyen d'animation. Cliquez sur le bouton Avance pour mettre en marche l'animation et le bouton Arrêt pour l'arrêter.
- Ajoutez des flèches de sens d'écoulement sur la carte (*sélectionnez Affichage >> Options du Schéma*, choisissez la rubrique *Flèches d'Écoulement* dans la boîte de dialogue Options du Schéma, et sélectionnez le style de flèche que vous souhaitez utiliser). Recommencez alors l'animation et notez que le sens de l'écoulement à travers le tuyau relié au réservoir change, au fur et à mesure que le réservoir se remplissait et se vidait.
- Créez une représentation graphique des variations d'une variable en fonction du temps pour n'importe quel nœud ou arc.

V.2.3. SIMULATION HYDRAULIQUE DU RESEAU D'ANTANETIBE SUD ET D'AMBODIVONA

Dans notre étude, la simulation que nous effectuerons est une question de vérification du dimensionnement du réseau qui a été calculé par le logiciel Excel auparavant.

La simulation du système se fait sur une longue durée, ainsi dans :

- ✓ La configuration la perte de charge est celle de D.W et l'unité du débit est LPS
- ✓ La durée de notre simulation est de 24 h pendant lequel le système est soumis au rythme de demande journalière. L'intervalle d'heure du résultat de la simulation est de quatre (04) heures, et le temps de séjour de l'eau dans le réseau est aussi l'un des critères de la simulation.
- ✓ La saisie des propriétés des objets : le coefficient de rugosité des conduites en plastique est égal à 0,0015.



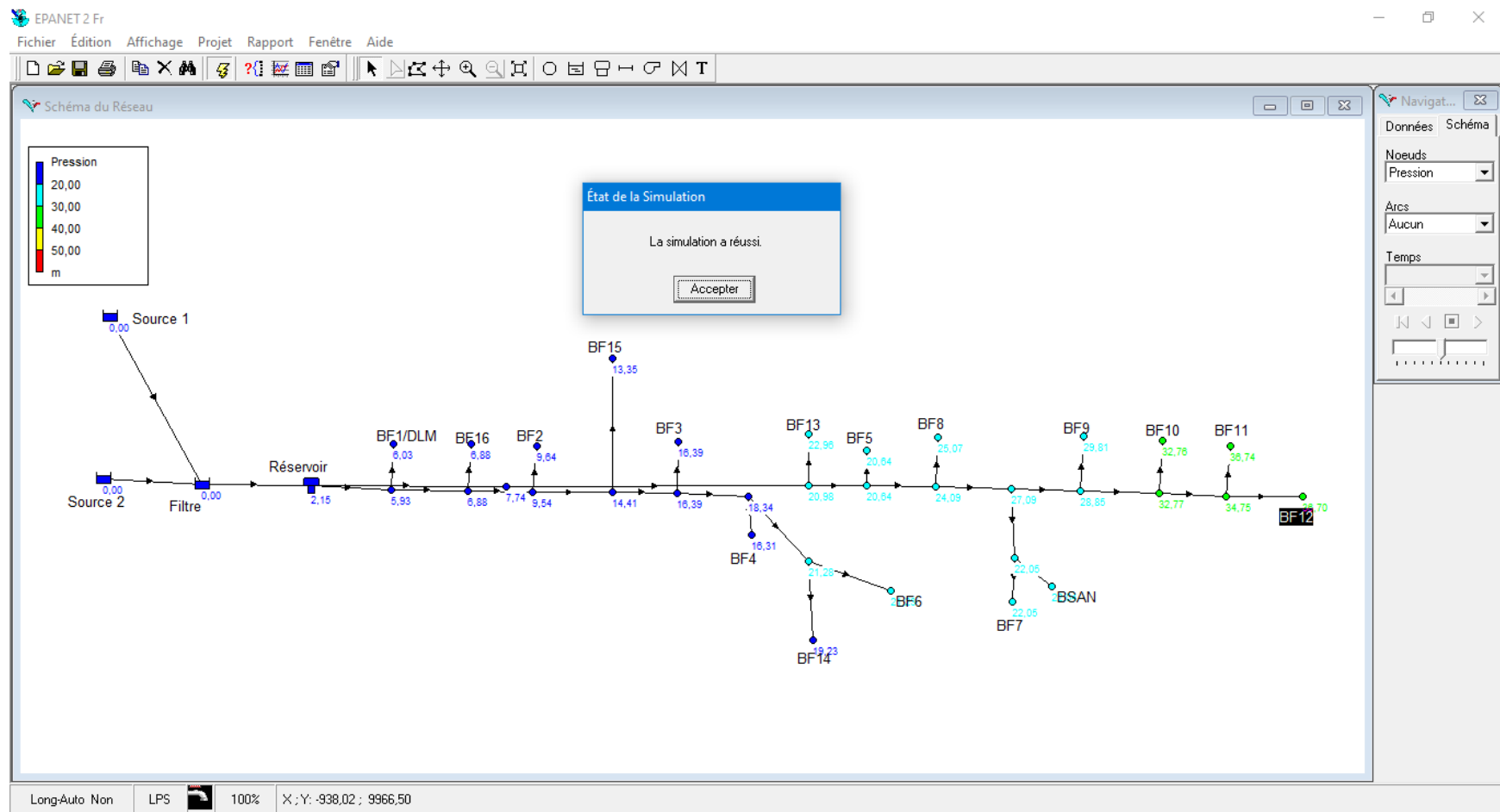


Figure 28 : Résultat graphique de la simulation

CHAPITRE VI. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DU PROJET

VI.1. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

VI.1.1. GENERALITES

D'après l'évaluation préliminaire effectuée, l'étude du projet d'Adduction d'Eau Potable des localités de la commune d'Anjepy devra être soumise au Programme d'Engagement Environnemental (PREE). La présente Etude d'impact Environnemental (EIE) porte sur le projet de construction d'un système d'AEPG d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona, dont les sources à exploiter se situent à proximité immédiate des villages à desservir.

Cette étude vise à apprécier et évaluer les effets directs ou indirects, à court, moyen et long terme des activités liées au projet sur l'environnement, et à s'assurer que les mesures nécessaires soient prises en vue de maintenir les impacts potentiels dudit projet à des niveaux de seuils environnementaux acceptables.

Les mesures liées à la protection de l'environnement et à la sécurité lors des travaux seront développées et synthétisées dans le Plan de Gestion Environnementale du Projet (PGEP) qui regroupe l'ensemble des activités du projet, leurs impacts environnementaux et les mesures préconisées.

Pour ce faire, le PREE consiste à :

- Décrire le site du projet en évoquant les spécificités du milieu récepteur ;
- Décrire la conduite du projet qui s'est focalisée sur la définition des sources d'impacts environnementaux ;
- Déterminer les impacts spécifiques liés à l'opérationnalisation du projet ;
- Proposer des mesures ;
- Établir le Plan de Gestion Environnemental du Projet (PGEP).

VI.1.2. DESCRIPTION DU PROJET ET DE LA ZONE D'INTERVENTION

Cette description consiste à mettre en évidence les activités liées au projet ainsi que les milieux récepteurs qui se spécifient par leurs vulnérabilités. Il s'agit des composantes ou éléments d'un lieu qui risquent de subir des impacts issus de la mise en œuvre d'un projet.

VI.1.2.1. Consistance du projet

Le projet consiste à l'alimentation d'eau potable des localités d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona par système gravitaire. Les sources à exploiter sont celles d'Ambatomikotrana et d'Andohasakely.

D'après l'étude, le projet d'adduction d'eau des localités d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona comprend :

- La construction d'un captage par drain à partir de la source d'Ambatomikotrana et d'un captage par barrage à partir de la source d'Andohasahakely
- La construction d'un bassin de filtration
- La réhabilitation du réservoir existant
- La construction de points de distribution : 1 DLM, 5 bornes fontaines publics, 1 Bloc Sanitaire
- Le renouvellement des conduites d'amenée et de distribution
- La réhabilitation de bornes fontaines existants.

VI.1.2.2. Descriptif des activités du projet

Les activités prévues dans le cadre d'un projet constituent les principales sources d'impacts sur les composantes environnementales. Généralement, la mise en œuvre du projet comprend trois phases, à savoir :

- La phase avant construction : avant le projet ;
- La phase de construction : pendant l'exécution du projet ;
- La phase de fonctionnement et d'entretien : après le projet.

Le tableau ci-après présente les différentes activités prévues pour chaque phase et étape du projet :

Tableau 30 : Les différentes activités prévues pour chaque phase et étape du projet

PHASE	ETAPES DE TRAVAIL	ACTIVITES PREVUES
Phase avant construction	Installation de chantier	Amenée des matériels et matériaux
		Amenée des mains d'œuvre
		Construction d'une base vie
		Stockage des matériaux et matériels
Phase de construction	Activités de soutien	Arpentage
		Piquetage
	Terrassement	Débroussaillage
		Déblai pour creusement des tranchées des conduites
		Démolition des ouvrages de captage
	Construction du barrage de captage, du bassin de filtration, et des points d'eau et réhabilitation du réservoir	Fouille des ouvrages à construire
		Fondation des ouvrages (bétons, ...)
		Prélèvement d'une quantité d'eau dans le ruisseau
		Décapage et débroussaillage des tracés de la conduite
		Remblaiement
	Divers	Lieu d'emprunt (remblais, gazon, arbuste,)
		Gîtes des matériaux locaux pour exploitation (rocheux, moellons...)
		Point d'eau (maçonnerie)
		Transport (matériaux, matériels) ou approvisionnement et équipements
		Dépôt de déchets et lieu d'aisance
Carrière		Restauration de la carrière (engazonnement, remblaiement, reboisement, ...)
Repli de chantier		Restauration de la base vie (enfouissement déchets, Remblaiement, Engazonnement, amenées des matériels,
Phase d'exploitation	Exploitation	Activités quotidiennes et amélioration des échanges socio-économique
	Entretien courant	Débroussaillages et désherbage
		Entretien des tuyaux de conduite d'eau
		Curage des fossés et des petits ouvrages

Source : Auteur, année 2021

La phase préparatoire consiste principalement à l'installation de chantier, dont :

- L'amenée des matériels : camions, citerne, petits outillages, etc. ;
- L'amenée des matériaux : ciment, fers, planche de coffrage, bois rond, pointes, etc. ;
- L'amenée des mains d'œuvres : chef de chantier, chef d'équipe, ouvriers spécialisés, manœuvres, etc. ;
- La construction d'une base vie : baraque de chantier et magasin de stockage des matériaux et matériels.

Pour la deuxième phase, les différentes activités sont regroupées dans les étapes de travail. Et pour la troisième partie, elle comprend l'exploitation du système et l'entretien de ses ouvrages.

VI.1.2.3. Descriptif du milieu récepteur

Cette partie décrit les composantes de l'environnement de la zone du projet qui est le lieu d'implantation du projet et de la zone d'influence.

Cette étude est réalisée essentiellement à partir des données bibliographiques, (Plan Communal de Développement de la commune), enquêtes et observations directes sur terrain.

VI.1.2.4. Descriptif du milieu physique

La majeure partie de ce paragraphe a été déjà présentée en détail dans la première partie de ce mémoire : « Caractéristiques de la zone du projet ». Néanmoins, quelques cas, dont entre autres le relief, les plaines, l'hydrographie, l'occupation du sol de la zone d'intervention devraient être mis en exergue.

Les Fokontany d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona figurent parmi les 12 Fokontany de la commune d'Anjepy où le relief est caractérisé par des plaines, des bas-fonds, des vallées étroites, des marécages et des terrains rocheux. L'altitude varie de 1400m à 1600m.

L'hydrographie est caractérisée par des cours d'eau et des fleuves ; ce réseau hydrographique est formé essentiellement par des lacs, des ruisseaux qui prennent naissance dans les hautes altitudes.

Les zones montagneuses et les basses collines sont dominées par des sols ferrallitiques rouge et jaunes, rocailleux, alors que les bas-fonds sont souvent inondés des sols alluvionnaires. Ces bas-fonds sont destinés aux flans rizicoles et vivriers tandis que la montagne est occupée par des forêts d'eucalyptus.

La commune rurale d'Anjepy présente un climat tropical frais et humide. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1392mm. La saison humide se situe entre le mois d'Octobre à Mars tandis que la saison sèche est entre Avril et Septembre.

VI.1.2.5. Descriptif du milieu biologique

VI.1.2.5.1. Flore

La végétation est verdoyante en général. Les types des végétations sont variés. Mais, à première vue, les forêts d'eucalyptus occupent la plupart des terrains, surtout sur les zones montagneuses.

Les bas-fonds sont souvent aménagés et occupés par des rizières et des cultures de contre saison. Quelques arbres fruitiers sont également rencontrés.

VI.1.2.5.2. Faune

Au cours des nombreuses virées effectuées dans la zone d'études, nous avons pu observer :

- Des reptiles qui vivent entre les pierres et surtout dans les rochers ;
- Des insectes comme : les criquets, les abeilles, ...
- Des insectivores dont notamment *les caméléons (Tanalahy)*,... ;.
- Des faunes aquatiques entre autres les *Pirina*, le *tilapia*,...

L'élevage du bovin, du porc et des animaux de la basse-cour est également pratiqué dans la Commune.

Pour les oiseaux, la région abrite différentes espèces entre autres les oiseaux sauvages comme les Martins pêcheurs, les *Fody*, ...

VI.1.2.6. Descriptif du milieu humain

Ce paragraphe est déjà présenté dans le chapitre « 1.4. Démographie ». La commune d'Anjepy abrite 10250 habitants en 2020 dont 11% se concentrent au niveau des deux (02) Fokontany (Antanetibe Sud et Ambodivona), soit 1100 habitants. En 2021, le nombre est en hausse car la démographie est estimé à 1126.

Sa population est essentiellement composée de Merina.

La commune est fortement peuplée car elle affiche une densité moyenne de 213hab/km².

A l'instar des communes rurales malgaches, l'agriculture constitue la principale activité économique de la population d'Anjepy. L'agriculture constitue la principale source de revenu de la population de la commune d'Anjepy et occupe plus de 80% de la population.

Les exploitations sont constituées principalement de la riziculture sur les bas-fonds et de la culture contre saison. La commune d'Anjepy est aussi connue comme zone de production de miel.

VI.1.3. DETERMINATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

VI.1.3.1. Principe d'analyse

Une étude d'impacts environnemental et social du projet a été entreprise afin de déterminer les mesures à prendre pour la conservation de l'environnement au sein de la Commune. En d'autres termes, il s'agit d'identifier et d'analyser les impacts du projet (nature et source) sur les composantes environnementales lors des phases du projet (réalisation, exploitation et entretiens).

En se basant sur le principe suscité et les décrets MECIE, Nous pouvons peut utiliser les paramètres d'évaluation des impacts suivants :

- **Degré :**

Fort	Impact affecte totalement l'environnement,
Moyen	Impact affecte en partie l'environnement,
Faible	Effet de l'impact est faible,
Néant	Effet est négligeable.

- **Nature et effet :**

Impact positif direct	Impact influe positivement sur le milieu ;
Impact positif indirect	Impact agit positivement par effet induit sur le milieu environnant ;
Impact négatif direct	cause à effet tendant à bouleverser directement le milieu ;
Impact négatif indirect	Cause à effet tendant à bouleverser par effet induit sur le milieu.

VI.1.3.2. Les impacts du projet sur les composantes de l'environnement

Le tableau suivant met en exergue les impacts du projet de l'adduction d'eau potable d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona sur les composantes environnementales, durant les phases de réalisation, d'exploitation et d'entretien

Tableau 31 : Impacts du projet sur les composantes environnementales

SOURCES	LOCALISATION	MILIEU RECEPTEUR		IMPACTS	ANALYSE DES IMPACTS		
		NATURE	COMPOSANTE		NATURE	DEGRE	EFFET
PHASE DE REALISATION							
Installation de chantier / base vie	Site du projet	Physique	Sol	Dénudation du sol par décapage	Négative	Faible	Direct
			Air	Risque de pollution en matière organique et déchets solides	Négative	Fort	Indirect
		Biologique	Végétation	Risque de destruction de couverture végétale et arbre	Négative	Faible	Direct
		Humain	Sociale	Perturbation passagère de la vie sociale	Négative	Faible	Direct
			Économique	Tentative de vols	Négative	Fort	Direct
				Changement du revenu	Positive	Moyen	Direct
Amenée et recrutement de personnel, amenée des matériaux	Aux environs du site du projet et sur le site	Physique	Air	Risque de pollution en matière organique et déchet solides	Négative	Fort	Indirect
		Biologique	Faune, flore	Destruction habitat, perturbation	Négative	Moyen	Direct
		Humain	Santé	Risque de propagation des maladies	Négative	Fort	Indirect
			Social	Risque de perturbation de la vie	Négative	Fort	Indirect
				Risque de vols	Négative	Fort	Direct
			Économique	Création d'activités génératrices de revenus	Positive	Fort	Direct
Accès carrière et sable	A quelques km du site du projet	Biologique	Faune	Risque de perturbation des habitats des animaux le long de la route	Négative	Moyen	Direct
			Flore	Sur piétinement de la flore sur la route d'accès	Négative	Moyen	Direct
		Humain	Social	Risque d'accident	Négative	Moyen	Direct
			Santé	Conflits sociaux	Négative	Moyen	Direct
				Ira par les poussières	Négative	Moyen	Indirect
		Exploitation de carrière/sable	Aux environs du site	Physique	Paysage	Modification du paysage	Négative
Sol	Risque d'érosion de sol				Négative	Fort	Direct
Eau	Changement d'écoulement de la rivière				Négative	Fort	Direct
Humain	Santé			Risque d'accident, ira	Négative	Fort	Direct
	Économie			Source de revenus	Positive	Moyen	Direct
Transport de matériaux	Le long de la piste	Physique	Sol	Risque de dégradation de l'accès	Négative	Moyen	Direct

SOURCES	LOCALISATION	MILIEU RECEPTEUR		IMPACTS	ANALYSE DES IMPACTS		
		NATURE	COMPOSANTE		NATURE	DEGRE	EFFET
			Air	Embourbement passager de poussière	Négative	Moyen	Direct
		Humain	Santé	Risque de maladies, ira	Négative	Moyen	Indirect
			Sécurité	Risque d'accidents par la circulation des voitures	Négative	Fort	Indirect
		Biologique	Faune/flore	Destruction des habitats naturels et décès des animaux	Négative	Moyen	Direct
Terrassement/remblai	Plateforme du site du projet (bassin, réservoir, tuyau, point d'eau)	Physique	Sol	Affectation d'une partie en remblai qui est meuble	Négative	Fort	Direct
				Risque d'érosion du sol	Négative	Fort	Direct
			Air	Émission des poussières entraînant une dégradation de la qualité de l'air	Négative	Faible	Direct
		Humain	Santé	Ira par émission de poussière	Négative	Moyen	Direct
		Biologique	Faune/flore	Destruction des habitats	Négative	Moyen	Direct
Evacuation de terres / sables excédentaires	Dépôt	Physique	Sol	Stérilité du sol, obstacle à l'écoulement de l'eau, disparition de végétation	Négative	Fort	Direct
			Air	Dégradation de la qualité de l'air	Négative	Moyen	Direct
		Biologique	Faune /flore	Destruction des habitats naturels	Négative	Faible	Direct
Construction des ouvrages de captage (barrage et drain)	Sources	Physique	Eau	Perturbation de la circulation d'eau	Négative	Faible	Direct
		Biologique	Faune/flore	Destruction des habitats	Négative	Moyen	Direct
		Humain	Social	Conflit de l'usage de l'eau	Négative	Moyen	Direct
Construction du bassin, réservoir, bornes fontaines	Au cœur des Fokontany, près du barrage	Physique	Sol: paysage	Risque de dégradation esthétique dans le paysage rural par la conception non-conforme	Négative	Moyen	Direct
			Eau de pluie/usée	Risque de pollution d'eau et d'érosion de l'avoisinante par la construction	Négative	Fort	Direct
			Air	Risque de pollution de l'air	Négative	Fort	Direct
			Sol / lac	Risque de pollution (ex : éparpillement des sachets de ciments etc.)	Négative	Fort	Direct
		Biologique	Faune / flore	Attirance des insectes, destruction de la végétation autour de l'infrastructure	Négative	Fort	Direct

SOURCES	LOCALISATION	MILIEU RECEPTEUR		IMPACTS	ANALYSE DES IMPACTS		
		NATURE	COMPOSANTE		NATURE	DEGRE	EFFET
		Humain	Santé	Risque de maladies	Négative	Fort	Direct
				Accident de travail, et aux enfants	Négative	Fort	Direct
				Risque d'accident pendant les travaux	Négative	Fort	Direct
				Risque de stagnation et contamination de l'eau entraînant la maladie hydrique par l'absence ou le non fonctionnement d'évacuation entraînant des maladies	Négative	Fort	Direct
			Bruit	Nuisance sonore des habitants	Négative	Moyen	Indirect
			Social	Conflit avec la population environnante	Négative	Moyen	Direct
			Economie	Changement du revenu	Positive	Moyen	Direct
			Culture	Echange de culture entre ouvriers et population	Positive	Moyen	Direct
Construction de latrines	Près de la base vie	Physique	Eau	Risque de contamination de l'eau par l'emplacement proche du château d'eau	Négative	Fort	Direct
			Air pollué	Dégradation de la qualité de l'air	Négative	Fort	Direct
		Humain	Santé	Risque de maladies	Négative	Fort	Direct
				Empêchement de la propagation des maladies (latrine bien isolé)	Positive	Moyen	Direct
Utilisation du bois de chauffes	Base vie	Biologiqu e	Flore	Fourniture de bois entraînant un déboisement	Négative	Fort	Direct
Sécurité	Sur chantier	Humain	Social	Risque d'accidents, de maladies	Négative	Fort	Indirect
			Econom ie	Source de revenu	Positive	Faible	Direct
PHASE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN							
Bassin de filtration, réservoir, borne fontaine, tuyau de conduite d'eau		Humain	Social	Non pérennité de l'infrastructure faute d'entretien, diminution du revenu	Négative	Fort	Indirect
				Amélioration des conditions de vie de la population	Positive	Fort	Indirect
		Physique	Sol/eau	Pollution due aux déchets issus des entretiens	Négative	Fort	Direct
				Paysage	Amélioration du paysage	Positive	Moyen
Utilisation des bornes	Fokontany	Physique	Eaux usées	Conflit social, santé menacée	Négative	Moyen	Direct

SOURCES	LOCALISATION	MILIEU RECEPTEUR		IMPACTS	ANALYSE DES IMPACTS		
		NATURE	COMPOSANTE		NATURE	DEGRE	EFFET
fontaines		Faune	Biologique	Perturbation des espèces animales environnantes	Négative	Moyen	Direct
		Humain	Social	Perturbation / amélioration de la vie quotidienne	Positive	Moyen	Direct
			Economie	Revenu assuré des bénéficiaires (augmentation)	Positive	Moyen	Direct
Repli de la base vie	Base vie	Physique	Sol/ paysage / eau	Amélioration du paysage	Positive	Moyen	Direct
				Pollution du sol, eau par l'enfouissement des déchets	Négative	Moyen	Direct
		Biologique	Faune / flore	Nouvel habitat de la faune	Positive	Moyen	Direct
Restauration de la carrière		Physique	Sol / eau	Stabilisation du sol et protection des eaux souterraines	Positive	Moyen	Direct
		Biologique	Faune / flore	Amélioration de la végétation, habitat faune	Positive	Moyen	Indirect

VI.1.4. MESURES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Face à la mise en œuvre du projet, des mesures de protection de l'environnement est à prévoir pour minimiser les impacts négatifs sur les composantes de l'environnement.

VI.1.4.1. Mesures d'atténuation en phase de préparation**c. Mesures d'atténuation sur le milieu physique**

- **Sol**

Les sites qui ont servi de chantiers seront réhabilités. Tous les déchets dangereux seront collectés et stockés dans une cuve étanche, puis traités par une structure agréée.

- **Air**

Les véhicules et les engins émettent des gaz d'échappement, il est ainsi indispensable que les produits pétroliers utilisés soient de bonne qualité respectant les normes. Les engins doivent régulièrement être entretenus.

La circulation des véhicules et des engins lourds en période sèche entraîne l'émission de poussière. Il est donc nécessaire de réduire la vitesse.

- **Eau**

Pour éviter d'éventuelles pollutions de l'eau, la source utilisée doit être protégée et surveillée constamment.

L'entretien et réparation des ouvrages doivent respecter les normes en vigueur. De plus, les bénéficiaires doivent respecter et assurer la propreté des pourtours des ouvrages.

VI.1.4.1.1. Mesures d'atténuation sur le milieu biologique

- **Faune et flore**

Les sites qui ont servi de chantiers doivent être réhabilités à la fin des travaux. La remise en état des lieux comprend notamment les opérations suivantes :

- Remblayage de toutes les ouvertures réalisées : Le remblai est mis immédiatement après la mise en fouille avec des sols fertiles.
- Enlèvement et stockage de tous les déblais excédentaires dans les cuves étanches appropriées ;
- Décompactage des terres compactées par les mouvements des véhicules et autres engins pour améliorer l'aération, l'infiltration de l'eau et la pénétration des racines
- Re végétalisation du site ;
- Arrosage régulier et suivi des zones réhabilitées tant que la végétation n'est pas suffisamment stabilisée.

VI.1.4.1.2. Mesures d'atténuation sur le milieu humain

Pour atténuer la perturbation de la circulation, les mesures suivantes doivent être prises :

- Installer des panneaux de signalisation ;
- Utilisation des engins lourds et légers dont les émissions sonores respectent les normes ;

Pour lutter contre le risque d'accident de travail, les mesures suivantes sont à appliquer :

- Port d'EPI par le personnel ;
- Formation du personnel à la manipulation des différents engins.

Pour lutter contre le risque d'accident lors des déplacements des véhicules (transport des matériaux, personnel, etc.), il faut respecter la vitesse maximale autorisée.

VI.1.5. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE

Suite à cette évaluation des impacts du projet sur les composantes environnementales et afin d'éviter ou pallier aux impacts négatifs, le tableau ci-après présente une synthèse du plan de gestion environnementale relatif à la mise en œuvre du projet d'AEP d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona.

Tableau 32 : Plan de gestion environnementale

PHASE	Activité du sous projet	Impacts environnementaux	Mesures d'atténuation proposées	Responsables	ESTIMATION DES COUTS	TIMING
PHASE DE CONSTRUCTION	Amenée du personnel sur chantier	Risque de pollution en matière organique et déchets solides	Construction de W.C provisoire et fosse à ordures pour le chantier	Entreprise/Bureau d'études (BE) bénéficiaires	Inclus dans le BDE (Installation de chantier)	Début de chantier
		Risque de propagation des maladies	Sensibilisation du personnel affecté sur chantier	Entreprise/BE/BÉNÉFICIAIRES		
		Risque de perturbation de vie sociale	Formations en IEC Sensibilisation du personnel affecté sur chantier et la population locale, application le cas échéant du DINA	Entreprise BE BÉNÉFICIAIRES Autorités locales		
	Approvisionnement de chantier	Tentative de vol	Construction de magasin de stockage avec gardien	Entreprise	In « installation de chantier »	Prise en main des travaux
	Exploitation de carrière	Modification du paysage	Délimitation de la zone consacrée Utilisation des carrières existantes,	Entreprise/BE	Inclus dans le BDE	Selon le planning
		Risque d'érosion et déstabilisation du sol selon la croyance des paysans provoquant la destruction des cultures	Eviter les sols facilement érodés	Entreprise/BE/Autorités locales/BÉNÉFICIAIRES	Néant	Début de chantier
			Respecter les rites			
		Risque d'accident	Mesures de sécurité et d'avertissement du public en cas d'utilisation d'explosifs	Entreprise/BE/Autorités locales	Assurer les activités de l'entreprise	Pendant la phase de réalisation
			Pose des panneaux de signalisation			
	Transport des matériaux	Risque des accidents par le mouvement des voitures	Réglementation du mouvement des voitures par la mise en place de panneaux de signalisation (sortie voitures)	Entreprise/BE	In « installation de chantier »	Début de chantier
	Terrassement/remblai	Affectation d'une partie en remblai qui est meuble	Débroussailler et décaper uniquement les zones concernées par les travaux	Entreprise/BE	Inclus dans le BDE	Phase de réalisation
		Risque d'érosion du sol				
	Construction du réservoir, bassin de filtration, bornes	Risque d'instabilité de l'ouvrage existante par la construction sur terrain remanié	Minimiser la surface utilisée,	Entreprise/be/association	Inclus dans le BDE	Phase de réalisation

PHASE	Activité du sous projet	Impacts environnementaux	Mesures d'atténuation proposées	Responsables	ESTIMATION DES COUTS	TIMING
	Bornes fontaines	Risque de dégradation de l'esthétique du paysage rural par la conception non-conforme Risque de stagnation d'eau et d'érosion de l'avoisinante par la défaillance de drainage Risque de pollution de l'air avoisinant Risque de stagnation et contamination de l'eau par l'absence ou non fonctionnement d'évacuation Attirance des insectes par l'infrastructure Risque de maladies Nuisance sonore Augmentation du revenu des ouvriers	Respect des normes Pose de grille moustiquaire au droit de l'œil de bœuf, bien fermé l'ondulation au niveau de la sablière Port d'équipements adéquats (EPI) pour le personnel affecté sur le chantier Agencer les heures de travail de l'entreprise, porter le cache nez anti-poussière et les bouchons antibruit Recruter au maximum possible des ouvriers locales et former les à gérer leurs revenus			
	Construction de latrine	Risque de contamination de l'eau par l'emplacement proche du château d'eau Risque de maladies	Latrine placé éloigné du château d'eau, construction suivant le norme	Entreprise / BE	Inclus dans le BDE	Phase de réalisation
	Utilisation des bois de chaufes	Fourniture de bois entraînant un déboisement	Abandonner l'utilisation de bois dur de forêts naturelles, utiliser de préférence du gaz sinon arranger avec l'ingénieur / Fokontany sur l'utilisation de bois mortes	Entreprise / BE/ Fokontany	Inclus dans le BDE	Phase de réalisation
	Repli de chantier	Pollution de sol faute de nettoyage et enfouissement	Réaménager les accès provisoires et les aires de stockage (incinération et/ enfouissement des déchets))	Entreprise / BE	Inclus dans le BDE	Phase de réalisation

PHASE	Activité du sous projet	Impacts environnementaux	Mesures d'atténuation proposées	Responsables	ESTIMATION DES COUTS	TIMING
		Pollution de l'eau	Nettoyer l'environnement de la construction			
		Attirance des moustiques				
		Risque de maladies				
	Restauration des carrières	Stabilisation du sol et protection des eaux souterraines	Faire un remblaiement de la zone,	Entreprise / BE / commune / Fokontany / Ministère de l'environnement / ONE		
		Amélioration de la végétation, habitat faune	Engazonnement, reboisement, pose de panneaux de signalisation			
		Création d'un site touristique	Faire des publicités et des aménagements			
PHASE D'EXPLOITATION	Bornes fontaines	Non pérennité de l'infrastructure faute d'entretien	Assurer le suivi annuel de l'entretien périodique et la réparation à temps	Bénéficiaires	MGE	Périodique
		Amélioration du paysage	Entretien permanent			Après la mise en œuvre du projet
	Bassin, tuyaux et réservoir	Non pérennité de l'infrastructure faute d'entretien	Assurer le suivi annuel de l'entretien, la réparation à temps	Bénéficiaires	MGE	MGE
	Utilisation des bornes	Conflit social, santé menacée	Publier un calendrier d'heures d'utilisation des bornes et n'utiliser que pendant les heures prédéfinies	Association, bénéficiaires	MGE	Pendant la phase d'exploitation du projet
		Perturbation des espèces animales environnantes				
		Perturbation de la vie quotidienne				
	Aménagement des carrières comme sites touristique	Revenu assuré (augmentation)	Assurer la bonne gestion des revenus perçus	Commune, Fokontany, BÉNÉFICIAIRES		
		Augmentation du revenu	Assurer la bonne gestion du revenu			
		Création de l'emploi	Recrutement de la population environnante pour l'emploi			

VI.1.6. OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS

Du point de vue environnemental, le projet d'Adduction d'Eau Potable ne présente pas de contraintes susceptibles d'entraver sa mise en exécution. Au contraire sa réalisation est aussi bien bénéfique pour la population des Fokontany de la CR d'Anjepy.

Il est à noter que parmi les impacts positifs du projet, il y a l'augmentation de taux d'accès à l'eau potable de la commune d'Anjepy.

Le projet permettra l'amélioration des conditions d'habitat et des conditions d'hygiène de la population ce qui contribuera à l'amélioration sanitaire des populations.

Le projet contribuera ainsi à diminuer les dépenses de santé ainsi que minimiser les lourdes tâches et les temps consacrés à la recherche de l'eau.

L'amélioration des conditions de vie de la population constitue également un facteur de développement économique de la Commune.

Par ailleurs, les mesures de protection environnementale concernent notamment la propreté du site et de ses environs ainsi que les méthodes d'exploitation et de remise en état des carrières des matériaux.

En outre, pour assurer une meilleure appropriation des autorités bénéficiaires (commune, Association, Agriculteurs, ...), leur implication dès le début du projet s'avère nécessaire. Cette participation se fera sous forme de participation directe et d'appui au projet par la mise en œuvre de :

- L'élaboration des cahiers de charges ;
- La détermination des travaux environnementaux ;
- La recherche de financement pour la poursuite de l'assainissement, de la clôture de l'enceinte des bornes fontaines ;
- Etc.

De plus, le reboisement est toujours reconnu important pour la conservation de l'environnement, ainsi, il est fortement recommandé d'intégrer à tout projet de développement une action de reboisement d'une certaine envergure avec une obligation de résultats à court et moyen terme, soit sur la surface autour de la carrière ou autres.

Ce PGE sert donc de guide aux utilisateurs pour :

- Identifier les impacts potentiels en rapport avec les activités du projet et des mesures d'atténuation appropriées ;
- Servir de plan de responsabilisation des acteurs dans la mise en œuvre et le suivi d'application des mesures d'atténuation ;
- Effectuer le suivi et la surveillance environnementaux des activités du projet.

Pour être effectif, le PGE doit être pleinement intégré à la gestion globale du projet pendant toutes les phases du projet. Son cadre opérationnel s'associe avec des activités de surveillance et de suivi environnementaux.

VI.1.7. SURVEILLANCE ET SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT

Les mesures d'atténuation environnementale et sociale proposées dans le cadre de l'EIE feront l'objet d'une surveillance afin d'assurer qu'elles soient bien mises en place et respectées au cours de la réalisation du projet suivant un calendrier adéquat. La surveillance environnementale a ainsi pour objectif premier de contrôler la bonne exécution des activités et des travaux pendant toute la durée du projet et ce, en regard du respect des engagements environnementaux pris par l'entreprise et, de façon plus générale, du respect et de la protection de l'environnement.

L'expression " engagement " se réfère principalement aux mesures environnementales qui sont proposées dans l'EIE, aux lois, règlements, certificats d'autorisation délivrés par les autorités gouvernementales ainsi qu'à tous les autres engagements pris par l'entreprise en regard du projet.

Cette surveillance permettra également, le cas échéant, d'identifier les impacts imprévus, et, si requis, d'ajuster les mesures pour les éliminer ou les atténuer.

Le suivi environnemental consiste à observer l'évolution des composantes des milieux naturels et humains potentiellement affectées par le projet, afin de vérifier que les mesures environnementales prises sont effectivement efficaces.

VI.2. ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET

VI.2.1. DEVIS QUANTITATIF :

La détermination des quantités à porter dans le Bordereau Détail Quantitatif et Estimatif (BDQE) est établie à partir d'un Avant-métré de chaque activité entrant dans la réalisation du projet.

VI.2.2. DEVIS ESTIMATIF :

VI.2.2.1. Prix unitaire

Dans le cadre des estimations des solutions d'aménagements, les prix unitaires adoptés sont les prix du 2021. Il en résulte de l'analyse des prix relevés sur les études de projet des

travaux d'aménagements d'AEP dans le cadre des projets de Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène.

VI.2.2.2. Devis quantitatif et estimatif

L'application de ces prix unitaires aux quantités trouvées a donné le Bordereau Détail Quantitatif et Estimatif (BDQE). Ce BDQE est donné en annexe. Par ailleurs, le tableau ci-après présente la récapitulation du coût total du projet.

Tableau 33 : Récapitulation du cout de projet

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				ARIARY	ARIARY
I	SERIE 000 - INSTALLATIONS ET TRAVAUX GENERAUX	Ens	1	8 872 800	8 872 800
II	CAPTAGE N°01: TRAVAUX DE CONSTRUCTION D'UN OUVRAGE "CAPTAGE PAR DRAIN"	Ens	1	9 158 878	9 158 878
II	CAPTAGE N°02: TRAVAUX DE CONSTRUCTION D'UN OUVRAGE "BOITE DE CAPTAGE"	U	2	5 183 864	10 367 729
III	BASSIN DE FILTRATION DE TYPE DESCENDANT	U	1	9 638 143	9 638 143
III	REHABILITATION DU RESERVOIR DE 24 M3 AU RAS DU SOL	U	1	5 416 394	5 416 394
IV	APPAREILLAGE HYDRAULIQUE : "Ventouse et Vidange"	Ens	1	3 945 336	3 945 336
V	CONDUITE D'AMENEE	Ens	1	28 488 515	28 488 515
VI	CONDUITE DE DISTRIBUTION	Ens	1	20 524 597	20 524 597
VII	CONSTRUCTION DE NOUVEAU BORNE FONTAINE PUBLIQUE (16Unités)	U	16	2 749 030	43 984 479
VIII	CONSTRUCTION D'UN LATRINE A 4 BOX	U	1	26 262 752	26 262 752
IX	DISPOSITIF DE LAVAGE DES MAINS (DLM)	U	1	1 900 406	1 900 406
				SOUS TOTAL HT	168 560 029

Source : Auteur, Année 2021

Le coût du projet d'amélioration des infrastructures d'adduction d'eau potable, assainissement et hygiène des deux Fokontany est estimé à **cent soixante-huit millions cinq cent soixante mille vingt et neuf Ariary hors taxe (168 560 029 Ariary)**. Les détails estimatifs sont présentés dans l'annexe.

VI.2.3. APPORT BENEFICIAIRE

Pour le projet d'amélioration des infrastructures d'adduction d'eau potable assainissement et hygiène d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona, les villageois sont prêts à apporter leurs appuis pour la réalisation du projet.

Les participations des bénéficiaires consistent à la réalisation de fouille en tranchée des canalisations et à la démolition des ouvrages de captage existants. Les apports bénéficiaires sont présentés sur les tableaux suivants :

Tableau 34 : Cout des apports bénéficiaires

DESIGNATION	MONTANT (en Ariary)
Fouille en rigole et en tranchée	7 476 825,60
Démolition d'ouvrage	200 000,00
TOTAL	7 676 825,60

Source : Water Aid Madagascar, 2021

Arrêté à la somme de **Sept millions six cent soixante-seize mille huit cent vingt et cinq Ariary (7 676 825 Ariary)**.

VI.2.4. ETUDE DE RENTABILITE DU PROJET PAR AFFERMAGE :

La décision d'investir dans une gestion d'un système d'adduction d'eau potable et d'assainissement se base principalement sur l'évaluation de son intérêt économique et par conséquent, du calcul de sa rentabilité. Elle dépend des coûts qu'il engendre et des gains qu'il procure.

VI.2.4.1. COMPTE D'EXPLOITATION :

Le présent compte d'exploitation prévisionnel permet d'évaluer la viabilité du projet. Il s'agit d'un tableau financier qui présente l'ensemble des recettes et charges ainsi que les bénéfices qui peuvent être enregistrés dans l'activité future sur un ou plusieurs exercices comptables.

Le compte d'exploitation prévisionnel a pour objectif de déterminer le point mort, autrement dit le seuil de rentabilité du projet (point d'équilibre entre les charges et les recettes à partir duquel le bénéfice débute).

VI.2.4.1.1. BENEFICIAIRE DU PROJET

Le projet desservira les fokontany d'Ambodivona et d'Antanetibe Sud avec une population estimée à 1126 habitants en 2021. Avec un taux d'accroissement annuel de 2, 3%, la population desservie sera de 1592 habitants en 2036.

L'EPP Ambodivona et l'EPP ANTANETIBE Sud seront également bénéficiaires du projet avec des dotations en eau variant en fonction de la demande. Pour le calcul, le taux d'accroissement annuel d'eux est supposé égal à zéro pour cent.

Tableau 35 : Dotation et taux de desserte en fonction des points d'eau

Bénéficiaires	Point d'eau	Dotation	Taux de desserte
Population	BFP	30l/j/pers	100%
EPP Ambodivona	DLM	10l/élèves	100%
EPP Antanetibe Sud	BSAN	60l/élèves	100%

VI.2.4.1.2. Dépenses annuelles

Les dépenses annuelles sont constituées par :

- Les charges fixes
- Les charges d'exploitations
- Les charges financières

d. Charges fixes :

Les charges fixes sont composées de :

- Frais de renouvellement et entretien des matériels
- Charges des personnels.

➤ **Renouvellement des équipements et cout des maintenances :**

Dans le cadre de ce projet, les opérations de renouvellement des ouvrages de Génie civil sont assurées par le Maitre d'Ouvrage c'est-à-dire la Commune tandis que le fermier assurera uniquement le renouvellement des conduites, des accessoires et des appareillages hydrauliques.

Par ailleurs, le fermier prendra en charge les travaux d'entretien courant et préventif de tous les ouvrages du réseau.

Les coûts de renouvellement et de maintenance sont estimés pour une année donnée, sur base du type de l'ouvrage, de son cout actuel et de sa durée de vie.

La CPGU (Cellule de Prévention et de Gestion des Urgences) donne un aperçu sur la durée de vie technique des différentes infrastructures en AEP.

Tableau 36 : Durée de vie technique des infrastructures

Infrastructures/Equipements	Durée de vie technique
Infrastructure de captage source et eau de surface	15 ans
Système de traitement	15 ans
Bornes fontaines	15 ans
Réservoir	50 ans
Conduite	50 ans
Puits	30 ans
Forage	30 ans

Source : CPGU

Le taux de renouvellement t_r est donné par la formule suivante:

t_r . Durée de vie = 100%

$$t_r = \frac{100\%}{\text{Durée de vie}}$$

Le tableau ci-après présente les taux annuels de maintenance et de renouvellement des ouvrages et équipements du réseau. Une augmentation annuelle de 4% (Source : BAD) est appliquée dans l'estimation des coûts de maintenance et de renouvellement, pour tenir compte de l'inflation.

Tableau 37 : Taux annuels de maintenance et de renouvellement

Désignation	Durée de vie (en année)	Taux annuels applicables sur l'investissement initial	
		Maintenance	Renouvellement
Barrage de captage	15	0.5 %	6,7%
Bassin de filtration	15	0.5 %	6,7%
Réservoirs	50	0.5 %	2%
Points d'eau (BFP, BSAN et DLM)	15	0.5 %	6,7%
Conduite d'amenée et distribution	50	2 %	2%
Appareillages hydrauliques	50	2%	2%

Dans le cadre de ce projet, outre les maintenances de tous les ouvrages du réseau, seuls les renouvellements des conduites et des appareillages hydrauliques sont tenus compte par le fermier.

➤ **Charge des personnels :**

L'équipe chargée de la gestion du réseau comprend les personnels ci-après :

- Un chef d'exploitation : C'est le premier responsable mandaté de la gestion et de l'exploitation du système. Il assurera la gestion technique, administrative et financière du réseau ;
- Deux techniciens de maintenance et réparation : qui assureront à la fois les travaux d'entretien et maintenance parallèlement aux deux fokontany (Ambodivona et Antanetibe Sud)
- Dix-huit (18) fontainiers dont :
 - Deux (02) fontainiers assurent la gestion de chaque BSAN et DLM ;
 - Seize (16) fontainiers assurent la gestion des BFP
- Un secrétaire.

Les coûts salariaux suivants ont été appliqués par catégorie de personnel pour l'élaboration du compte d'exploitation, avec un taux d'augmentation annuelle de 4%.

Tableau 38 : Charge des personnels

Catégorie de personnel	Unité	Montant	Effectif
Chef d'exploitation	Ar/mois	500 000	1
Technicien de maintenance et réparation	Ar/mois	200 000	2
Fontainier	Ar/mois	150 000	16
Secrétaire	Ar/mois	175 000	1
Autres charges (CNaPS, OSTIE)	Ar/mois	CNAPS : 13 % de la masse salariale OSTIE : 5% de la masse salariale	

Source : WaterAid, Année 2021

e. Charges d'exploitation :

Elles sont composées des frais éventuels d'énergie pour élever l'eau jusqu'au réservoir et des frais de traitement

Dans le cadre du projet, cette charge est nulle parce qu'il n'y a ni frais de traitement, ni coût d'élévation par pompage.

f. Charges de fonctionnement :

Les charges de fonctionnement concernent les postes budgétaires suivants :

- Coûts de fourniture bureautique, matériel informatique, etc ;
- Frais divers : déplacement, loyer, électricité, matériels d'entretien, etc.

Les coûts suivants ont été appliqués pour l'élaboration du compte d'exploitation, en considérant une augmentation annuelle de 4%.

Tableau 39: Charge de fonctionnement

Désignation	Unité	Montant en Ar
Coûts de fourniture bureautique, matériel informatique	FFT/an	600 000
Divers (bureau, communication, matériels et équipements...)	FFT/an	1 000 000

Source : WaterAid, Année 2021

g. Charges d'investissements :

Puisque notre projet est financé directement par WaterAid Madagascar, sans emprunt auprès d'une Banque ou d'autres Organismes, la charge financière concerne les possibilités d'extension du réseau.

Pour prendre en compte l'extension, nous fixons une augmentation annuelle de 5% (Source : WaterAid, Année 2021) sur les points d'eau, les conduites de distribution et les appareillages hydraulique.

Tableau 40 : Charges d'investissement

Désignation	Prix (BDQE)	Investissement avec augmentation annuelle de 5% sur 15 ans
Points d'eau	72 147 638,24 Ar.	43 288 582,94 Ar.
Conduites de distribution	20 524 597,30 Ar.	12 314 758,38 Ar.
Les appareillages hydrauliques	3 945 336,35 Ar.	2 367 201,81 Ar.

Le coût total d'investissement pour ce projet est estimé à **57 970 543,13 Ar.**

h. Taxes communales :

Selon l'article 55 de la Loi n° 98-029 portant Code de l'Eau, « en raison de la composante sociale du service public de l'eau et de l'assainissement, le total des taxes et surtaxes levées par les collectivités locales sur les facturations de ces services ne peuvent dépasser 10 % du montant hors taxe de ces facturations ».

Dans le cadre du présent projet, nous considérons les dépenses de taxation communale égale à 5% (Source : .WaterAid, Année 2021)

VI.2.4.1.3. Les recettes :

➤ Taux de recouvrement :

Au niveau des BFP, le taux de recouvrement est de 100% car les utilisateurs paient d'abord l'eau avant de la prélever, donc, il n'y a pas d'impayé. Par ailleurs, pour les autres points d'eau c'est-à-dire le DLM et le BSAN, le service est payé après usage et il y a toujours des risques d'impayés. Le taux de recouvrement pour l'approvisionnement auprès de ces points d'eau est déjà fixé selon les études déjà faites par WaterAid.

Tableau 41 :Taux de recouvrement

Point d'eau	Taux de recouvrement
BFP	100%
BSAN	50%
DLM	50%

Source : WaterAid, Année 2021

➤ **Prix de vente de m3 d'eau :**

La simulation du compte d'exploitation du réseau, placé en annexe de la présente étude, a permis de déterminer le cout de l'eau par m3 vendue qui varie de 1 990 Ariary à 3 011 Ariary. Ce cout détermine donc le seuil de rentabilité de ce projet.

A cet effet, pour être rentable, le prix de l'eau proposé sur tous les points d'eau sera de 5000 Ariary le m3, soit 5 Ariary le litre et 100 Ariary le bidon de 20 litres avec une augmentation annuelle de 1,5% (Source : WaterAid).

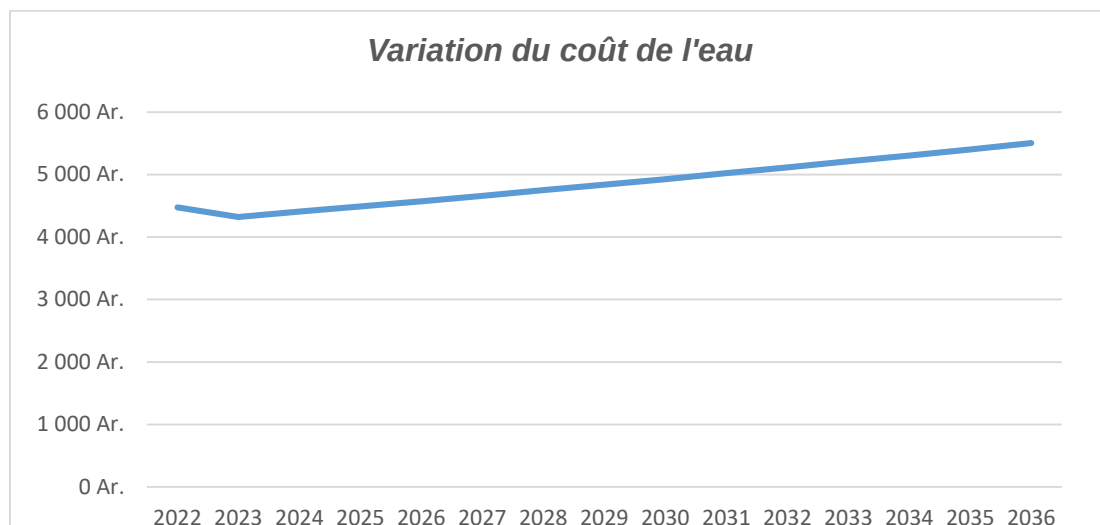


Figure 29 : Variation du prix de l'eau par m3

VI.2.4.2. Valeur actuelle nette (VAN) et taux de rentabilité interne (TRI)

VI.2.4.2.1. Valeur actuelle nette :

Par définition, La valeur actuelle nette (VAN) est la somme des bénéfices nets pendant la période considérée se fait en effectuant la différence entre les capitaux investis et les cash-flows actualisés.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$VAN = \sum CFNA (1 + i)^{-n} - I$$

Avec :

CFNA : Cash-flow net actualisé. Il s'exprime par la relation suivante :

$$CFNA = \frac{\text{Cash-flow net} + \text{amortissement}}{(1+i)^n} \text{ et cash-flow nette} = \text{recette nette} - \text{charges}$$

i : Taux d'actualisation ou taux de rentabilité minimum exigé par le gestionnaire

n : Année

I : Investissement total

La valeur Actuelle Nette (VAN) d'un investissement est un indice d'aperçue de la rentabilité du projet. Pour qu'un projet d'investissement soit acceptable, il faut que la VAN soit positive et il est d'autant plus rentable que la VAN est supérieure.

Dans le cadre de la présente étude, le taux d'actualisation sera fixé à 4% (Source : Wateraid, Année 2021). Après calcul, Nous la somme de 82 491 499 Ar, la VAN est positive. Nous déduisons le projet est rentable.

VI.2.4.2.2. Taux de rentabilité interne :

Le Taux de Rentabilité Interne (TRI) permet de connaître le taux réel de rentabilité. Mais aussi le taux pour lequel la VAN est nulle, c'est-à-dire qu'il y a équivalence entre le capital investi et l'ensemble des cash-flows actualisés.

Après calcul, nous avons obtenu le résultat de **16%**.

À Madagascar, le taux d'actualisation national égal à 13% alors le TRI=16% > 13%, Nous pouvons déduire que le projet est rentable.

CONCLUSION

Les Fokontany d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona bénéficient d'un système AEPG depuis 1988. Malheureusement, par manque d'entretien, le système complet est en état vétuste et n'est plus capable de fournir un débit pouvant satisfaire les besoins actuels. De ce fait, le débit au bout du robinet est très faible et la coupure d'eau se manifeste très fréquemment. Une file d'attente trop longue au niveau des points d'eau a été observée. Cette situation provoque la diminution de temps potentiel pour s'adonner aux activités génératrices de revenus ainsi que l'affaiblissement du taux d'accès en eau potable (14,29%) et à l'assainissement (57%). D'où la réalisation du projet d'adduction d'eau potable d'Antanetibe Sud et d'Ambodivona.

Le projet financé par WaterAid Madagascar a pour but d'améliorer les conditions de vie de la population de localités concernées par la mise en place des infrastructures en eau, assainissement et hygiène. A la fin du projet, plus de 1000 habitants des Fokontany peuvent être desservis en eau potable d'ici 2021.

Cette étude permet de définir les ressources à mobiliser suivant une étude approfondie (données techniques, données démographiques), puis concevoir le système complet en considérant le contexte environnemental (dimensionnement, levés topographiques)

Dans ce présent mémoire, la solution adéquate pour alimenter en eau les deux Fokontany concernés est la réhabilitation du système existant depuis le captage jusqu'au réseau de distribution. Les anciennes sources captées par le système AEPG existant seront encore mobilisées pour alimenter les Fokontany. Il est très important d'instaurer un lien entre les autorités locales et la population afin de préserver la végétation du bassin versant pour maintenir la quantité de ressources.

L'aménagement consiste à :

- La construction d'un ouvrage de captage par barrage et un ouvrage par drain ;
- La construction d'un bassin de filtration ;
- La réhabilitation du réservoir existant de 24 m³ de volume ;
- La construction et l'installation des différents points d'eaux ;
- La mise en place des conduites d'amenées et de distributions.

Le cout du projet atteint la somme de **168 560 029 [Ar]**. L'étude financière a permis de dégager le prix de vente du m³ d'eau à 5000[Ar]. L'analyse économique que nous avons effectuée montre que ce projet est faisable et rentable.

La réalisation de ce projet entraine le changement de comportement et l'amélioration des conditions de vie de la population en milieu rural du point de vue économique, social et sanitaire. Il serait un facteur de développement de la zone.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

- [1]** BONNIN Jacques, : Hydraulique urbaine appliquée en agglomération de petite et moyenne importance ; Editions Eyrolles par 1986
- [2]** Carlier : Hydraulique générale et appliquée ; Editions Eyrolles paris 1986
- [3]** CPGU ou Cellule de Prévention et de Gestion des Urgences, Directive Nationale Pour des infrastructures AEP résistants aux aléas climatiques
- [4]** DUPONT A., Hydraulique urbaine (Tome II) ; Editions Eyrolles, Paris 1979
- [5]** FRANÇOIS Renard, « Licence Professionnelle Cours d'hydrogéologie 2014-2015 »
- [6]** HERMANN, ACF (Action contre la faim), « Eau-Assainissement-Hygiène pour les populations à risques. », 2006
- [7]** N.A PLOTNIKOV, « Ressources en eaux souterraines- Classification et méthode d'évaluation », Paris, 1962
- [8]** RASOLOFONIAINA Jean Donné : Cours d'hydrologie ; édition 2020
- [9]** VAZQUEZ José, « Hydraulique Générale », 2010
- [10]** ZOUGRANA Denis, Cours d'approvisionnement en eau potable ; Ecole inter-Etat Ingénieurs de l'équipe rurale, Novembre 2003.

COURS

- [1]** RABEMANANJARA Daniel, Cours Gestion de Projet et Management d'Entreprise 4ème Année, Hydraulique ESPA, 2017-2018
- [2]** : RAMANANTSOA Benjamin : « Cours Traitement des eaux » 4^{ème} Année ; Hydraulique ESPA, 2018 - 2019
- [3]** : RAMANARIVO Solofomampionona : « Cours d'Hydrogéologie » ; 3^{ème} Année, Hydraulique ESPA, 2016 - 2017 et « Cours Ouvrages de captage » ; 5^{ème} année, Hydraulique ESPA, 2018-2019
- [4]** : RANDRIAMAHERISOA Alain : « Cours Étude d'impact Environnemental » ; 5^{ème} Année, Hydraulique ESPA, 2018 - 2019 et « cours Hydrologie appliqué » ; 4^{ème}Année ; Hydraulique ESPA, 2017 - 2018
- [5]** : RANDRIANASOLO David : « Cours Hydraulique urbaine » ; 4^{ème}Année ; HydrauliqueESPA, 2017 - 2018 et « Cours Adduction d'eau potable » ; 5^{ème} année ; Hydraulique ESPA, 2018 - 2019

ANNEXES

Annexe 1 : Essai de jaugeage du débit

Sources	Mesures	V (litre)	t (s)
Source 1	1ere	1	0,30
	2ème	1	0,32
	3ème	1	0,30
Source 2	1ere	1	0,13
	2ème	1	0,11
	3ème	1	0,12

Annexe 2 : Pluviométrie moyenne mensuelle d'Anjepy

Années	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1998	231,54	610,82	194,42	81,07	22,10	28,28	28,04	47,79	88,83	19,60	16,68	455,24
1999	271,22	102,33	193,20	49,69	53,82	12,11	42,09	27,98	33,56	56,05	78,31	161,45
2000	128,90	209,98	127,12	23,01	17,34	25,44	56,13	17,97	14,20	82,84	91,75	274,39
2001	354,06	104,15	106,52	20,48	13,18	32,15	18,62	59,13	16,33	65,22	15,13	232,43
2002	128,73	506,22	106,41	65,01	115,13	31,25	10,28	25,81	34,81	36,75	74,25	293,37
2003	266,91	138,95	273,48	27,91	44,50	29,76	41,46	32,58	38,83	20,97	101,82	263,22
2004	182,58	200,98	159,97	34,38	19,12	32,28	18,23	21,00	37,24	56,16	84,61	328,77
2005	302,49	215,14	243,41	55,85	35,64	13,75	39,88	20,00	25,68	16,15	82,22	277,21
2006	195,61	65,20	96,34	21,32	10,01	20,32	30,45	13,26	23,01	27,54	130,56	142,95
2007	834,03	329,93	247,12	59,34	23,10	18,36	28,26	16,13	28,90	46,45	31,13	303,56
2008	201,46	295,33	164,57	65,63	28,24	37,06	36,81	12,60	42,91	100,87	245,18	265,46
2009	294,14	258,38	228,68	91,94	19,67	10,54	33,03	31,22	32,43	56,59	133,57	284,88
2010	283,59	73,17	172,75	19,93	25,21	31,28	26,55	22,93	16,77	45,56	62,44	338,27
2011	150,55	236,66	218,16	137,31	36,74	6,58	7,43	15,09	24,41	216,29	115,19	415,82
2012	249,62	486,91	205,40	175,15	27,05	24,93	11,47	17,56	19,20	148,41	237,48	223,95
2013	221,81	392,86	157,97	36,39	42,72	13,11	8,25	19,61	11,94	118,45	273,53	505,01

Annexe 3 : Détermination de l'évapotranspiration

La formule la plus utilisée pour déterminer l'évapotranspiration est celui de THORNTWAITE. Elle a pour expression suivante :

$$ETP = \lambda \times ETP_{nc} = a \times 1,6 \times \left(10 \times \frac{T}{I_T}\right)^\alpha$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle (cm)

ETP_{nc} : évapotranspiration non corrigé (cm)

λ : coefficient de correction ($\lambda=20^\circ$ pour les pays situés dans l'hémisphère Sud)

T : Température moyenne mensuelle ($^\circ\text{C}$)

I_T : Indice thermique annuel avec $I_T = \sum i$ et $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$

α : paramètre fonction de l'indice thermique mensuel, $\alpha = 0,016 \times I_T + 0,5$

Deux cas peuvent se présenter :

- ✓ P - ETP > 0 : surplus (infiltration et/ou ruissellement,
- ✓ P - ETP < 0 : déficit
- **Déficit cumulé :**

Le premier déficit est observé au premier mois ou P - ETP < 0. Le second déficit est égal au déficit précédent augmenté de P - ETP du mois

➤ **Détermination du stock :**

Si P-ETP > 0 le stock S = 100

Si P-ETP < 0 le stock est à lire sur une table en fonction du déficit cumulé.

La variation du stock : ΔS = stock du mois - stock précédent

➤ **Détermination de l'ETR :**

A. Si $\Delta S \leq 0$ et P-ETP > 0, ETR = ETP

B. Si $\Delta S < 0$ et P-ETP < 0, ETR = P + ΔS

Après une série de P - ETP < 0, le déficit cumulé est maximum.

Si P-ETP > 0, le surplus va d'abord ramener le stock à 100 mm

C'est pour cette raison qu'on a d'abord P-ETP + dernier stock.

Ensuite si P-ETP est suffisant il y a remplissage du stock.

$(P-ETP) - x = 100 \cdot x$ (x vient du stock précédent).

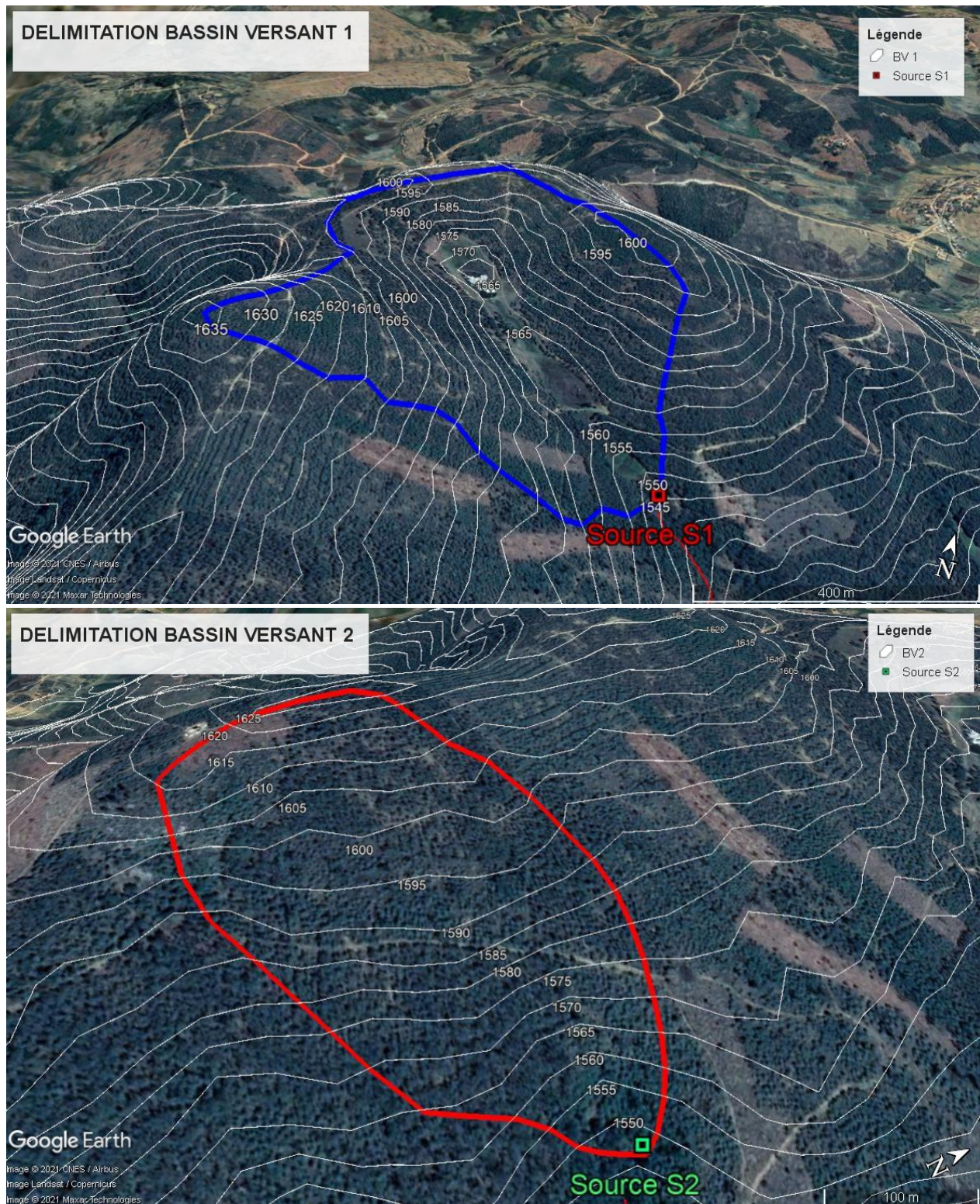
Le surplus est égal alors à = Surplus = Stock précédent - x = R = ruissellement

Le tableau ci-après montre les résultats des calculs en utilisant la méthode de Thornthwaite.

a=1, 26

Tableau 42 : Calcul de l'ETP

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Tmoy($^\circ\text{C}$)	19,19	19,14	18,44	17,09	15,40	13,09	12,40	13,07	14,89	17,26	18,78	19,10	
T/5	3,80	3,80	3,70	3,40	3,10	2,60	2,50	2,60	3,00	3,50	3,80	3,80	
i	4,70	4,70	4,50	4,10	3,70	3,00	2,90	3,00	3,50	4,20	4,60	4,70	47,65
ETPnc	9,30	9,30	8,80	8,00	7,00	5,70	5,40	5,70	6,70	8,10	9,00	9,20	
$\lambda=20^\circ$	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15	
ETPc (cm)	10,60	9,30	9,30	7,80	6,80	5,20	5,10	5,70	6,70	8,80	9,80	10,60	95,60
ETP (mm)	105,9	92,50	92,70	77,8	67,50	52,20	50,90	56,60	67,40	87,80	98,50	106,20	956,00

Annexe 4 : Délimitation du bassin versant

Annexe 5 : Détermination de la conductivité hydraulique dans le bassin de filtration

La conductivité ou perméabilité hydraulique a pour expression :

$$K = k \frac{w}{\mu} = k \frac{\rho g}{\mu}$$

Où :

- Conductivité hydraulique
- ρ : masse spécifique de l'eau (kg m^{-3})
- g : intensité de pesanteur en $[\text{m}^2/\text{s}^2]$
- k : perméabilité intrinsèque du sable qui est fonction du diamètre des grains, de la porosité du milieu filtrant et du coefficient de KOZENY

$$k = \frac{d_g^2}{36h_k} \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2}$$

(**Source** : J.C.Charpentier, Les Tech. de l'ingénieur, 2003)

Avec :

- ✓ d_g : diamètre moyen des grains (sphère équivalente)
- ✓ H_k : constante de Kozeny de l'ordre de 5 à 10 tel que :
 - Pour des « empilages » de grains isométriques avec des porosités n'excédant pas 0,7 à 0,8 : $h_k = 4,5 \pm 1,5$ et en pratique 5
 - Pour des « empilages » de fibres à porosité plus élevée, $h_k = 9$ pour $e = 0,94$ et $h_k = 22$ pour $e = 0,99$
- ϕ : Porosité :

Par définition, la porosité est le rapport entre le volume des vides et le volume total de l'échantillon.

Tableau 43 : Valeur de la porosité

Sol	Porosité
Sable grossier	27%
Sable moyen	32%
Sable fin	34%
Silt (sable très fin)	40%
Argile	50%

Source : Licence Professionnelle-Cours Hydrogéologie 2014-2015, François Renard

- μ : viscosité dynamique en $[\text{kg m}^{-2} \text{s}]$:

Tableau 44 : Viscosité dynamique

Température °C	Viscosité μ en $\text{kg m}^{-2} \text{s}$
0°	181.10^{-6}
10°	160.10^{-6}
20°	134.10^{-6}
30°	84.10^{-6}
40°	67.10^{-6}
50°	56.10^{-6}
60°	47.10^{-6}
80°	37.10^{-6}
100°	28.10^{-6}

Annexe 6 : Dimensionnement du réservoir

Symbole	Nomenclature	Formules	Valeur	Unité
C	Capacité du réservoir		24,000	m ³
D	Diamètre intérieur de la cuve	$d=1,405 \times \sqrt[3]{C}$	4,000	m
H	Hauteur d'eau utile	$h=0,460 \times d$	1,840	m
h ₀	Hauteur libre de niveau d'eau	$h_0=0,10 \times d$	0,400	m
Dimensionnement de la coupole de couverture				
Dimensionnement de la paroi cylindrique				
V _p	Volume de la paroi	$V_p=\pi \times d \times h \times e_p$	4,220	m ³
Dimensionnement du trou d'homme				
L _t	Longueur du trou d'homme	fixé	0,600	m
E _t	Épaisseur du trou d'homme	$e_t=e_c$	0,040	m
L _t	Largeur du trou d'homme	fixé	0,600	m
V _{pt}	Volume de la paroi du trou d'homme	$V_{pt}=L_t \times l_t \times e_t$	0,014	m ³
L _{ct}	Longueur du couvercle du trou d'homme	L_{ct}	0,600	m
L _{ct}	Largeur du couvercle du trou d'homme	$L_{ct}=l_t$	0,600	m
E _{ct}	Epaisseur du couvercle du trou d'homme	fixé	0,100	m
V _{ct}	Volume du couvercle du trou d'homme	$V_{ct}=L_{ct} \times l_{ct} \times e_{ct}$	0,036	m ³
Dimensionnement du radier				
e _r	Epaisseur du radier	Fixé	0,200	m
D _r	Diamètre du Radier	Fixé	3,500	m
V _r	Volume du radier	$\frac{\pi D^2}{4} \times e_r$	1,924	m ³
Dimensionnement de la couvercle				
e _c	Epaisseur de la couvercle	Fixé	0,100	m
D _c	Diamètre de la couvercle	Fixé	3,500	m
V _c	Volume de la couvercle	$\frac{\pi D^2}{4} \times e_c - V_{ct}$	0,926	m ³

Annexe 7 : Dimensionnement de la conduite

➤ Conduite d'amenée :

Point Amont	Point Aval	Côte Amont	Côte Aval	D (mm)	λ	Q (m ³ /j)	Q (l/s)	Lrée(m)	V (m/s)	j (m/m)	J (m)	DH _s	DH _T	H _{Amont}	H _{Aval}	V ² /2g	p/rg Aval
Source1	4	1552	1551	50	0,0601	41,47	0,480	30,85	0,24	0,0037	0,11	0,01	0,12	1 552,10	1 551,98	0,02	0,95
4	8	1551	1550	50	0,0601	41,47	0,480	28,25	0,24	0,0037	0,10	0,01	0,11	1 551,98	1 551,86	0,02	1,84
8	11	1550	1548	50	0,0601	41,47	0,480	36,95	0,24	0,0037	0,14	0,01	0,15	1 551,86	1 551,71	0,02	3,69
11	15	1548	1549	50	0,0601	41,47	0,480	29,38	0,24	0,0037	0,11	0,01	0,12	1 551,71	1 551,60	0,02	2,57
15	19	1549	1547	50	0,0601	41,47	0,480	28,25	0,24	0,0037	0,10	0,01	0,11	1 551,60	1 551,48	0,02	4,46
19	21	1547	1548	50	0,0601	41,47	0,480	12,43	0,24	0,0037	0,05	0,00	0,05	1 551,48	1 551,43	0,02	3,41
21	25	1548	1547	50	0,0601	41,47	0,480	54,24	0,24	0,0037	0,20	0,02	0,22	1 551,43	1 551,21	0,02	4,19
25	26	1547	1545	50	0,0601	41,47	0,480	10,17	0,24	0,0037	0,04	0,00	0,04	1 551,21	1 551,17	0,02	6,15
26	27	1545	1546	50	0,0601	41,47	0,480	20,34	0,24	0,0037	0,07	0,01	0,08	1 551,17	1 551,09	0,02	5,07
27	29	1546	1545	50	0,0601	41,47	0,480	13,56	0,24	0,0037	0,05	0,00	0,05	1 551,09	1 551,04	0,02	6,01
29	31	1545	1544	50	0,0601	41,47	0,480	32,77	0,24	0,0037	0,12	0,01	0,13	1 551,04	1 550,90	0,02	6,88
31	32	1544	1545	50	0,0601	41,47	0,480	20,34	0,24	0,0037	0,07	0,01	0,08	1 550,90	1 550,82	0,02	5,80
32	34	1545	1544	50	0,0601	41,47	0,480	44,07	0,24	0,0037	0,16	0,02	0,18	1 550,82	1 550,64	0,02	6,62
34	38	1544	1543	50	0,0601	41,47	0,480	55,37	0,24	0,0037	0,20	0,02	0,22	1 550,64	1 550,42	0,02	7,40
38	40	1543	1542	50	0,0601	41,47	0,480	42,94	0,24	0,0037	0,16	0,02	0,17	1 550,42	1 550,25	0,02	8,22
40	41	1542	1542	50	0,0601	41,47	0,480	42,94	0,24	0,0037	0,16	0,02	0,17	1 550,25	1 550,08	0,02	8,05
41	42	1542	1526	50	0,0601	41,47	0,480	73,45	0,24	0,0037	0,27	0,03	0,30	1 550,08	1 549,78	0,02	23,75
42	43	1526	1535	50	0,0601	41,47	0,480	64,41	0,24	0,0037	0,24	0,02	0,26	1 549,78	1 549,52	0,02	14,50
43	Filtre	1535	1537	50	0,0601	41,47	0,480	28,25	0,24	0,0037	0,10	0,01	0,11	1 549,52	1 549,41	0,02	12,38
Source2	Filtre	1543	1537	27,2	0,0771	10,37	0,12	29,38	1,03	0,1540	4,53	0,45	4,98	1 543,00	1 538,02	0,11	0,92
Filtre	53	1537	1545	50	0,0601	51,84	0,600	5,65	0,31	0,0057	0,03	0,00	0,04	1 549,41	1 549,37	0,03	4,34

Point Amont	Point Aval	Côte Amon t	Côte Aval	D (mm)	λ	Q (m ³ /j)	Q (l/s)	Lrée(m)	V (m/s)	j (m/m)	J (m)	DH _s	DH _T	H _{Amont}	H _{Aval}	V ² /2g	p/rg Aval
53	54	1545	1543	50	0,0601	51,84	0,600	8,14	0,31	0,0057	0,05	0,00	0,05	1 549,37	1 549,32	0,03	6,29
54	57	1543	1542	50	0,0601	51,84	0,600	42,15	0,31	0,0057	0,24	0,02	0,27	1 549,32	1 549,05	0,03	7,02
57	58	1542	1541	50	0,0601	51,84	0,600	22,60	0,31	0,0057	0,13	0,01	0,14	1 549,05	1 548,91	0,03	7,88
58	59	1541	1540	50	0,0601	51,84	0,600	21,47	0,31	0,0057	0,12	0,01	0,14	1 548,91	1 548,78	0,03	8,75
59	63	1540	1539	50	0,0601	51,84	0,600	72,32	0,31	0,0057	0,41	0,04	0,45	1 548,78	1 548,32	0,03	9,29
63	64	1539	1538	50	0,0601	51,84	0,600	4,52	0,31	0,0057	0,03	0,00	0,03	1 548,32	1 548,29	0,03	10,26
64	67	1538	1536	50	0,0601	51,84	0,600	39,55	0,31	0,0057	0,23	0,02	0,25	1 548,29	1 548,05	0,03	12,01
67	68	1536	1535	50	0,0601	51,84	0,600	3,39	0,31	0,0057	0,02	0,00	0,02	1 548,05	1 548,02	0,03	12,99
68	69	1535	1533	50	0,0601	51,84	0,600	31,64	0,31	0,0057	0,18	0,02	0,20	1 548,02	1 547,83	0,03	14,79
69	70	1533	1531	50	0,0601	51,84	0,600	22,60	0,31	0,0057	0,13	0,01	0,14	1 547,83	1 547,68	0,03	16,65
70	73	1531	1530	50	0,0601	51,84	0,600	70,06	0,31	0,0057	0,40	0,04	0,44	1 547,68	1 547,24	0,03	17,21
73	75	1530	1530	50	0,0601	51,84	0,600	31,64	0,31	0,0057	0,18	0,02	0,20	1 547,24	1 547,04	0,03	17,01
75	76	1530	1531	50	0,0601	51,84	0,600	18,08	0,31	0,0057	0,10	0,01	0,11	1 547,04	1 546,93	0,03	15,90
76	78	1531	1530	50	0,0601	51,84	0,600	50,85	0,31	0,0057	0,29	0,03	0,32	1 546,93	1 546,61	0,03	16,58
78	80	1530	1530	50	0,0601	51,84	0,600	54,24	0,31	0,0057	0,31	0,03	0,34	1 546,61	1 546,27	0,03	16,24
80	82	1530	1529	50	0,0601	51,84	0,600	39,55	0,31	0,0057	0,23	0,02	0,25	1 546,27	1 546,02	0,03	16,99
82	83	1529	1528	50	0,0601	51,84	0,600	27,12	0,31	0,0057	0,16	0,02	0,17	1 546,02	1 545,85	0,03	17,82
83	84	1528	1527	50	0,0601	51,84	0,600	28,25	0,31	0,0057	0,16	0,02	0,18	1 545,85	1 545,67	0,03	18,64
84	86	1527	1526	50	0,0601	51,84	0,600	25,99	0,31	0,0057	0,15	0,01	0,16	1 545,67	1 545,51	0,03	19,48
86	89	1526	1526	50	0,0601	51,84	0,600	57,63	0,31	0,0057	0,33	0,03	0,36	1 545,51	1 545,15	0,03	19,11
89	91	1526	1528	50	0,0601	51,84	0,600	36,16	0,31	0,0057	0,21	0,02	0,23	1 545,15	1 544,92	0,03	16,89
91	92	1528	1527	50	0,0601	51,84	0,600	135,60	0,31	0,0057	0,78	0,08	0,85	1 544,92	1 544,06	0,03	17,03
92	97	1527	1526	50	0,0601	51,84	0,600	91,53	0,31	0,0057	0,52	0,05	0,58	1 544,06	1 543,49	0,03	17,46
97	99	1526	1525	50	0,0601	51,84	0,600	31,64	0,31	0,0057	0,18	0,02	0,20	1 543,49	1 543,29	0,03	18,26
99	102	1525	1522	50	0,0601	51,84	0,600	76,84	0,31	0,0057	0,44	0,04	0,48	1 543,29	1 542,81	0,03	20,78
102	103	1522	1523	50	0,0601	51,84	0,600	21,47	0,31	0,0057	0,12	0,01	0,14	1 542,81	1 542,67	0,03	19,64

Point Amont	Point Aval	Côte Amont	Côte Aval	D (mm)	λ	Q (m ³ /j)	Q (l/s)	Lr��e(m)	V (m/s)	j (m/m)	J (m)	DH _s	DH _T	H _{Amont}	H _{Aval}	V ² /2g	p/rg Aval
103	104	1523	1524	50	0,0601	51,84	0,600	29,38	0,31	0,0057	0,17	0,02	0,18	1 542,67	1 542,49	0,03	18,46
104	105	1524	1526	50	0,0601	51,84	0,600	40,68	0,31	0,0057	0,23	0,02	0,26	1 542,49	1 542,23	0,03	16,20
105	106	1526	1525	50	0,0601	51,84	0,600	101,70	0,17	0,0017	0,18	0,02	0,19	1 542,23	1 542,04	0,02	17,02
106	Réservoir	1525	1525	50	0,0601	28,51	0,330	19,21	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	1 542,04	1 542,04	0,00	17,04

**Conduite de distribution :**

Point Amont	Point Aval	Côte Amont	Côte Aval	D (m)	λ	Q (m ³ /j)	Q (l/s)	Lge(m)	Lr��e(m)	V (m/s)	j (m/m)	J (m)	DH _s	DH _T	H _{Amont}	H _{Aval}	V ² /2g	p/rg Aval
Réservoir	109	1525	1524	42,6	0,0636	39,74	0,460	17	19,32	0,32	0,0079	0,15	0,02	0,17	1 525,10	1 524,93	0,03	0,90
109	110	1524	1522	42,6	0,0636	39,74	0,460	59	66,22	0,32	0,0079	0,52	0,05	0,58	1 524,93	1 524,35	0,03	2,32
110	TBF1	1522	1521	42,6	0,0636	39,74	0,460	63	71,53	0,32	0,0079	0,57	0,06	0,62	1 524,35	1 523,73	0,03	2,70
TBF1	114	1521	1520	42,6	0,0636	39,74	0,460	32	36,16	0,32	0,0079	0,29	0,03	0,32	1 523,73	1 523,42	0,03	3,38
114	TBF16	1520	1520	42,6	0,0636	39,74	0,460	11	12,43	0,32	0,0079	0,10	0,01	0,11	1 523,42	1 523,31	0,03	3,27
TBF16	117	1520	1519	42,6	0,0636	39,74	0,460	34	38,42	0,32	0,0079	0,30	0,03	0,33	1 523,31	1 522,97	0,03	3,94
117	118	1519	1519	34	0,0697	39,74	0,460	30	33,90	0,51	0,0268	0,91	0,09	1,00	1 522,97	1 521,97	0,05	2,92
118	120	1519	1518	34	0,0697	39,74	0,460	33	37,29	0,51	0,0268	1,00	0,10	1,10	1 521,97	1 520,87	0,05	2,82
120	TBF2	1518	1517	34	0,0697	39,74	0,460	34	38,42	0,51	0,0268	1,03	0,10	1,13	1 520,87	1 519,74	0,05	2,69
TBF2	125	1517	1513	34	0,0697	39,74	0,460	44	49,72	0,51	0,0268	1,33	0,13	1,47	1 519,74	1 518,28	0,05	5,22
125	TBF15	1513	1512	34	0,0697	39,74	0,460	28	31,64	0,51	0,0268	0,85	0,08	0,93	1 518,28	1 517,34	0,05	5,29
TBF15	TBF3	1512	1510	34	0,0697	39,74	0,460	14	15,82	0,51	0,0268	0,42	0,04	0,47	1 517,34	1 516,88	0,05	6,83
TBF3	139	1510	1510	34	0,0697	39,74	0,460	36	40,68	0,51	0,0268	1,09	0,11	1,20	1 516,88	1 515,68	0,05	5,63
139	TBF4	1510	1508	34	0,0697	39,74	0,460	23	25,99	0,51	0,0268	0,70	0,07	0,77	1 515,68	1 514,91	0,05	6,86
TBF4	148	1508	1506	34	0,0697	39,74	0,460	36	40,68	0,51	0,0268	1,09	0,11	1,20	1 514,91	1 513,71	0,05	7,66
148	149	1506	1506	34	0,0697	39,74	0,460	9	10,17	0,51	0,0268	0,27	0,03	0,30	1 513,71	1 513,41	0,05	7,36
149	TBF13	1506	1504	34	0,0697	39,74	0,460	33	37,29	0,51	0,0268	1,00	0,10	1,10	1 513,41	1 512,31	0,05	8,26
TBF13	BF13	1504	1502	21	0,0881	4,30	0,050	36	40,68	0,14	0,0044	0,18	0,02	0,20	1 513,41	1 513,22	0,01	11,20

Point Amont	Point Aval	Côte Amont	Côte Aval	D (m)	λ	Q (m ³ /j)	Q (l/s)	Lge(m)	Lrée(m)	V (m/s)	j (m/m)	J (m)	DH _s	DH _T	H _{Amont}	H _{Aval}	V ² /2g	p/rg Aval
TBF13	193	1504	1504	34	0,0697	35,45	0,410	30	33,90	0,45	0,0213	0,72	0,07	0,79	1 513,22	1 512,42	0,05	8,38
193	194	1504	1503	34	0,0697	35,45	0,410	20	22,60	0,45	0,0213	0,48	0,05	0,53	1 512,42	1 511,89	0,05	8,85
194	195	1503	1503	34	0,0697	35,45	0,410	19	21,47	0,45	0,0213	0,46	0,05	0,50	1 511,89	1 511,39	0,05	8,34
195	TBF5	1503	1504	34	0,0697	35,45	0,410	7	7,91	0,45	0,0213	0,17	0,02	0,19	1 511,39	1 511,20	0,05	7,16
TBF5	BF5	1504	1504	21	0,0881	4,30	0,050	2	2,26	0,14	0,0044	0,01	0,00	0,01	1 511,20	1 511,19	0,01	7,18
TBF5	198	1504	1502	34	0,0697	31,15	0,360	19	21,47	0,40	0,0165	0,35	0,04	0,39	1 511,20	1 510,81	0,04	8,77
198	200	1502	1501	34	0,0697	31,15	0,360	28	31,64	0,40	0,0165	0,52	0,05	0,57	1 510,81	1 510,24	0,04	9,20
200	201	1501	1501	34	0,0697	31,15	0,360	13	14,69	0,40	0,0165	0,24	0,02	0,27	1 510,24	1 509,98	0,04	8,93
201	203	1501	1500	34	0,0697	31,15	0,360	34	38,42	0,40	0,0165	0,63	0,06	0,70	1 509,98	1 509,28	0,04	9,24
203	205	1500	1501	34	0,0697	31,15	0,360	19	21,47	0,40	0,0165	0,35	0,04	0,39	1 509,28	1 508,89	0,04	7,85
205	207	1501	1501	34	0,0697	31,15	0,360	28	31,64	0,40	0,0165	0,52	0,05	0,57	1 508,89	1 508,32	0,04	7,28
207	TBF8	1501	1500	34	0,0697	31,15	0,360	13	14,69	0,40	0,0165	0,24	0,02	0,27	1 508,32	1 508,05	0,04	8,01
TBF8	BF8	1500	1499	21	0,0881	4,30	0,050	31	35,03	0,14	0,0044	0,15	0,02	0,17	1 508,05	1 507,88	0,01	8,87
TBF8	214	1500	1500	34	0,0697	26,85	0,311	17	19,21	0,34	0,0122	0,23	0,02	0,26	1 508,05	1 507,79	0,03	7,76
214	216	1500	1499	34	0,0697	17,19	0,199	24	27,12	0,22	0,0050	0,14	0,01	0,15	1 507,79	1 507,64	0,02	8,62
214	T(BF7+BF7)	1500	1502	34	0,0697	9,66	0,112	100	113,00	0,12	0,0016	0,18	0,02	0,20	1 507,79	1 507,60	0,01	5,59
T(BF7+BSAN)	BF7	1502	1502	21	0,0881	4,30	0,050	1	1,13	0,14	0,0044	0,00	0,00	0,01	1 507,60	1 507,59	0,01	5,58
T(BF7+BSAN)	BSAN	1502	1502	21	0,0881	5,36	0,062	10	11,30	0,18	0,0069	0,08	0,01	0,09	1 507,59	1 507,51	0,02	5,49
216	218	1499	1497	34	0,0697	17,19	0,199	20	22,60	0,22	0,0050	0,11	0,01	0,12	1 507,64	1 507,52	0,02	10,50
218	219	1497	1497	34	0,0697	17,19	0,199	10	11,30	0,22	0,0050	0,06	0,01	0,06	1 507,52	1 507,46	0,02	10,44
219	221	1497	1497	34	0,0697	17,19	0,199	33	37,29	0,22	0,0050	0,19	0,02	0,21	1 507,46	1 507,25	0,02	10,23
221	225	1497	1495	34	0,0697	17,19	0,199	44	49,72	0,22	0,0050	0,25	0,02	0,27	1 507,25	1 506,98	0,02	11,96
225	227	1495	1495	34	0,0697	17,19	0,199	28	31,64	0,22	0,0050	0,16	0,02	0,17	1 506,98	1 506,80	0,02	11,78
227	TBF9	1495	1495	34	0,0697	17,19	0,199	11	12,43	0,22	0,0050	0,06	0,01	0,07	1 506,80	1 506,73	0,02	11,71
TBF9	BF9	1495	1494	21	0,0881	4,30	0,050	56	63,51	0,14	0,0044	0,28	0,03	0,31	1 506,73	1 506,43	0,01	12,41
TBF9	234	1495	1495	34	0,0697	12,90	0,149	19	21,47	0,16	0,0028	0,06	0,01	0,07	1 506,73	1 506,67	0,02	11,65
234	236	1495	1494	34	0,0697	12,90	0,149	31	35,03	0,16	0,0028	0,10	0,01	0,11	1 506,67	1 506,56	0,02	12,54

Point Amont	Point Aval	Côte Amont	Côte Aval	D (m)	λ	Q (m ³ /j)	Q (l/s)	Lge(m)	Lrée(m)	V (m/s)	j (m/m)	J (m)	DH _s	DH _T	H _{Amont}	H _{Aval}	V ² /2g	p/rg Aval
236	238	1494	1494	34	0,0697	12,90	0,149	24	27,12	0,16	0,0028	0,08	0,01	0,08	1 506,56	1 506,48	0,02	12,46
238	240	1494	1493	34	0,0697	12,90	0,149	18	20,34	0,16	0,0028	0,06	0,01	0,06	1 506,48	1 506,41	0,02	13,40
240	TBF10	1493	1491	34	0,0697	12,90	0,149	11	12,43	0,16	0,0028	0,04	0,00	0,04	1 506,41	1 506,37	0,02	15,36
TBF10	BF10	1491	1491	21	0,0881	4,30	0,050	2	2,26	0,14	0,0044	0,01	0,00	0,01	1 506,37	1 506,36	0,01	15,35
TBF10	243	1491	1491	34	0,0697	8,60	0,099	35	39,55	0,11	0,0013	0,05	0,00	0,05	1 506,37	1 506,32	0,01	15,31
243	TBF11	1491	1489	34	0,0697	8,60	0,099	18	20,34	0,11	0,0013	0,03	0,00	0,03	1 506,32	1 506,29	0,01	17,28
TBF11	BF11	1489	1487	21	0,0881	4,30	0,050	14	15,82	0,14	0,0044	0,07	0,01	0,08	1 506,29	1 506,21	0,01	19,20
TBF11	247	1489	1488	21	0,0881	4,30	0,050	16	18,08	0,14	0,0044	0,08	0,01	0,09	1 506,29	1 506,20	0,01	18,19
247	249	1488	1487	21	0,0881	4,30	0,050	21	23,73	0,14	0,0044	0,10	0,01	0,12	1 506,20	1 506,09	0,01	19,07
249	BF12	1487	1487	21	0,0881	4,30	0,050	29	32,77	0,14	0,0044	0,14	0,01	0,16	1 506,09	1 505,93	0,01	18,91
Réservoir	109	1525	1524	42,6	0,0636	35,31	0,409	17	19,32	0,29	0,0063	0,12	0,01	0,13	1 525,10	1 524,97	0,03	0,94
109	110	1524	1522	42,6	0,0636	35,31	0,409	59	66,22	0,29	0,0063	0,41	0,04	0,46	1 524,97	1 524,51	0,03	2,48
110	TBF1	1522	1521	42,6	0,0636	35,31	0,409	63	71,53	0,29	0,0063	0,45	0,04	0,49	1 524,51	1 524,02	0,03	2,99
TBF1	114	1521	1520	42,6	0,0636	35,31	0,409	32	36,16	0,29	0,0063	0,23	0,02	0,25	1 524,02	1 523,77	0,03	3,74
TBF1	BF1+DLM	1521	1520,9	21	0,0881	5,22	0,060	4	4,52	0,17	0,0065	0,03	0,00	0,03	1 523,77	1 523,74	0,02	2,82
114	TBF16	1520	1520	42,6	0,0636	30,09	0,348	11	12,43	0,24	0,0045	0,06	0,01	0,06	1 523,77	1 523,71	0,02	3,68
TBF16	117	1520	1519	34	0,0697	25,79	0,298	34	38,42	0,33	0,0113	0,43	0,04	0,48	1 523,71	1 523,23	0,03	4,20
TBF16	BF16	1520	1520	21	0,0881	4,30	0,050	6	6,78	0,14	0,0044	0,03	0,00	0,03	1 523,71	1 523,68	0,01	3,66
117	118	1519	1519	34	0,0697	25,79	0,298	30	33,90	0,33	0,0113	0,38	0,04	0,42	1 523,23	1 522,81	0,03	3,78
118	120	1519	1518	34	0,0697	25,79	0,298	33	37,29	0,33	0,0113	0,42	0,04	0,46	1 522,81	1 522,35	0,03	4,31
120	TBF2	1518	1517	34	0,0697	25,79	0,298	34	38,42	0,33	0,0113	0,43	0,04	0,48	1 522,35	1 521,87	0,03	4,84
TBF2	125	1517	1513	34	0,0697	21,49	0,249	44	49,72	0,27	0,0078	0,39	0,04	0,43	1 521,87	1 521,44	0,03	8,41
TBF2	BF2	1517	1516,9	21	0,0881	4,30	0,050	2	2,26	0,14	0,0044	0,01	0,00	0,01	1 521,87	1 521,86	0,01	4,95
125	TBF15	1513	1512	34	0,0697	21,49	0,249	28	31,64	0,27	0,0078	0,25	0,02	0,27	1 521,44	1 521,17	0,03	9,14
TBF15	TBF3	1512	1510	34	0,0697	17,19	0,199	14	15,82	0,22	0,0050	0,08	0,01	0,09	1 521,17	1 521,08	0,02	11,06
TBF15	BF15	1512	1513	21	0,0881	4,30	0,050	89	100,57	0,14	0,0044	0,44	0,04	0,49	1 521,17	1 520,68	0,01	7,67
TBF3	139	1510	1510	34	0,0697	12,90	0,149	36	40,68	0,16	0,0028	0,11	0,01	0,13	1 521,08	1 520,96	0,02	10,94
TBF3	BF3	1510	1510	21	0,0881	4,30	0,050	2	2,26	0,14	0,0044	0,01	0,00	0,01	1 521,08	1 521,07	0,01	11,06
139	TBF4	1510	1508	34	0,0697	12,90	0,149	23	25,99	0,16	0,0028	0,07	0,01	0,08	1 520,96	1 520,88	0,02	12,86
TBF4	BF4	1508	1510	21	0,0881	4,30	0,050	41	45,99	0,14	0,0044	0,20	0,02	0,22	1 518,89	1 518,66	0,01	8,65

Point Amont	Point Aval	Côte Amont	Côte Aval	D (m)	λ	Q (m ³ /j)	Q (l/s)	Lge(m)	Lrée(m)	V (m/s)	j (m/m)	J (m)	DH _s	DH _T	H _{Amont}	H _{Aval}	V ² /2g	p/rg Aval
TBF4	148	1508	1507	34	0,0697	8,60	0,099	36	40,68	0,11	0,0013	0,05	0,01	0,06	1 518,89	1 518,83	0,01	11,82
148	149	1507	1507	34	0,0697	8,60	0,099	9	10,17	0,11	0,0013	0,01	0,00	0,01	1 518,83	1 518,82	0,01	11,81
149	152	1507	1507	34	0,0697	8,60	0,099	21	23,84	0,11	0,0013	0,03	0,00	0,03	1 518,82	1 518,78	0,01	11,77
152	153	1507	1507	34	0,0697	8,60	0,099	26	28,82	0,11	0,0013	0,04	0,00	0,04	1 518,78	1 518,74	0,01	11,73
153	155	1507	1507	34	0,0697	8,60	0,099	36	40,79	0,11	0,0013	0,05	0,01	0,06	1 518,74	1 518,69	0,01	11,68
155	158	1507	1507	34	0,0697	8,60	0,099	11	12,09	0,11	0,0013	0,02	0,00	0,02	1 518,69	1 518,67	0,01	11,66
158	159	1507	1507	34	0,0697	8,60	0,099	54	60,57	0,11	0,0013	0,08	0,01	0,08	1 518,67	1 518,59	0,01	11,58
159	166	1507	1505	21	0,0881	4,30	0,050	27	30,51	0,14	0,0044	0,13	0,01	0,15	1 518,59	1 518,44	0,01	13,43
166	168	1505	1505	21	0,0881	4,30	0,050	23	25,99	0,14	0,0044	0,11	0,01	0,13	1 518,44	1 518,31	0,01	13,30
168	TBF6	1505	1505	21	0,0881	4,30	0,050	20	22,60	0,14	0,0044	0,10	0,01	0,11	1 518,31	1 518,20	0,01	13,19
159	161	1508	1507	21	0,0881	4,30	0,050	44	49,27	0,14	0,0044	0,22	0,02	0,24	1 518,59	1 518,35	0,01	11,33
161	162	1507	1507	21	0,0881	4,30	0,050	26	29,72	0,14	0,0044	0,13	0,01	0,14	1 518,35	1 518,20	0,01	11,19
162	BF14	1507	1507	21	0,0881	4,30	0,050	12	13,67	0,14	0,0044	0,06	0,01	0,07	1 518,20	1 518,14	0,01	11,12

Annexe 8 : Cout estimatif du projet :➤ **TRAVAUX DE REHABILITATION DU SYSTÈME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DU FOKONTANY ANTANETIBE ATSIMO ETAMBODIVONA CR ANJEPY**

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
000	SERIE 000 - INSTALLATIONS ET TRAVAUX GENERAUX				
001	Installation et replis de chantier				
001-01	Installation de chantier	Fft	1,00	3 072 800	3 072 800
004-04	Contre-levée topographique du réseau	Fft	1,00	1 550 000	1 550 000
				Sous-total	4 622 800
002	Replis de chantier				
002-01	Replis du chantier	Fft	1,00	1 850 000	1 850 000
005-04	Analyse physico-chimique et bactériologique	U	2,00	1 200 000	2 400 000
				Sous-total	4 250 000
				TOTAL SERIE 000	8 872 800
CAPTAGE N°01: TRAVAUX DE CONSTRUCTION D'UN OUVRAGE "CAPTAGE PAR DRAIN"					
100	SERIE 100 - TRAVAUX DE CONSTRUCTION OUVRAGES DE GENIE CIVIL				
101	Terrassement				
101-1	Décapage et débroussaillage	m2	32,40	2 820	91 368
101-6	Déblai rocailleux	m3	6,05	15 200	91 960
101-7	Déroctage	m3	6,05	30 000	181 500
101-12	Trou d'ancrage	uté	50,00	14 428	721 400
				Sous-total	1 086 228
102	Maçonnerie et béton				
102-2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3, ep. 5cm	m3	0,38	250 000	95 000
102-5	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	2,52	428 000	1 078 560
102-7	Enduit au mortier de ciment dosé à 400 Kg/m3, ep. 15cm	m2	27,8	14 300	398 112
102-10	Chape étanche au mortier de ciment dosé à 500 kg/m3	m2	9,10	15 650	142 415
102-13	Coffrages plans ordinaires	m2	43,16	15 100	651 716
102-15	Aciers à haute adhérence	kg	176,68	6 700	1 183 756
				Sous-total	3 549 559
103	Divers				
103-2	Regard 60x60x60 avec fond, parois et tampon en BA avec système de fermeture métallique cadenassé	U	1,0	187 000	187 000
103-4b	Bassin collecteur de 0,80x0,80x0,80 avec fond, parois et couvercle en BA avec système de fermeture métallique cadenassé (ep. 0,15)	U	1,0	955 000	955 000
103-6	Buse armé perforé dosé à 350kg/m3 diamètre 30cm L=1m	U	12,0	65 000	780 000

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
103-9	Canne d'ancrage en fer diamètre 12	U	50,00	11 080	554 000
103-11	Gravier (30-40)	m3	2,67	86 000	229 620
				Sous-total	2 705 620
600	SERIE 600 - CANALISATION				
603	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIE PEHD				
310-04-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 50 PN 10	ml	20	9 826	196 522
				Sous-total	196 522
604p	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIES GALVA				
330-06	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 33/42	ml	5	21 859	109 296
330-05	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 40/49	ml	6	34 030	204 178
				Sous-total	313 474
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET ACCESSOIRES				
702p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES PEHD				
361-03-e	Fourniture et pose de Manchon mixte femelle SR 14 DN40	U	2,00	16 896	33 792
				Sous-total	33 792
703p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES GALVA				
463-04-d	Fourniture de manchon galvanisé 33/42	U	3	5 834	17 503
463-04-c	Fourniture de manchon galvanisé 40/49	U	3,0	7 735	23 206
463-05-c	Fourniture de mamelon galvanisé 40/49	U	2,0	12 962	25 925
463-05-d	Fourniture de mamelon galvanisé 33/42	U	4	6 943	27 773
463-06-e	Fourniture de raccord union galvanisé 33/42	U	4	16 447	65 789
463-06-d	Fourniture de raccord union galvanisé 40/49	U	2,0	22 308	44 616
463-01-c	Fourniture de coude 90°galvanisé 40/49	U	4,0	13 121	52 483
463-01-d'	Fourniture de coude 90° galvanisé 33/42	U	4,0	6 626	26 506
				Sous-total	283 800
705p	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé				
363-12-e	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 33/42	U	1,00	92 815	92 815
363-12-d	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 40/49	U	1,00	134 069	134 069
				Sous-total	226 884
709	Accessoires divers				
563-24b	Fourniture et pose de crépine inox 33/42	U	1,00	150 000	150 000
				Sous-total	150 000
104	Sécurisation des ouvrages				

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
104-1	Fourniture, façonnage et Fourniture et pose de clôture en bois dur (Y compris le peinture)	ml	12,00	44 000	528 000
104-4	Portail d'accès en bois dur de 75x85, avec système de fermeture cadénassé	ut	1,00	85 000	85 000
				Sous-total	613 000
TOTAL OUVRAGE DE CAPTAGE A DRAIN					9 158 878

CAPTAGE N°02: TRAVAUX DE CONSTRUCTION D'UN OUVRAGE "BOITE DE CAPTAGE"					
100	SERIE 100 - TRAVAUX DE CONSTRUCTION OUVRAGES DE GENIE CIVIL				
101	Terrassement				
101-1	Décapage et débroussaillage	m2	6,60	2 820	18 612
101-6	Déblai rocailleux	m3	1,38	15 200	20 976
101-7	Déroctage	m3	1,38	30 000	41 400
101-13	Pieu en bois Ø > 10cm (Battagejuqu'aureffus)	uté	45,00	35 000	1 575 000
				Sous-total	1 655 988
102	Maçonnerie et béton				
102-2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3, ep. 5cm	m3	0,27	250 000	67 500
102-5	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	1,74	428 000	744 720
102-7	Enduit au mortier de ciment dosé à 400 Kg/m3, ep. 15cm	m2	9,2	14 300	130 988
102-10	Chape étanche au mortier de ciment dosé à 500 kg/m3	m2	3,12	15 650	48 828
102-13	Coffrages plans ordinaires	m2	13,75	15 100	207 625
102-15	Aciers à haute adhérence	kg	121,60	6 700	814 720
102-16	Maçonnerie de moellons hourdée au mortier de ciment 300kg/m3	m3	0,38	172 500	65 550
				Sous-total	2 079 931
103	Divers				
103-2	Regard 60x60x60 avec fond, parois et tampon en BA avec système de fermeture métallique cadénassé	U	1,0	187 000	187 000
103-11	Gravier (30-40)	m3	0,14	86 000	12 040
103-17	Couche de blocage	m3	0,22	49 320	10 850
				Sous-total	209 890
600	SERIE 600 - CANALISATION				
603	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIE PEHD				
310-05-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 40 PN 10	ml	20	6 047	120 933
				Sous-total	120 933
604p	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIES GALVA				
330-07	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 26/33	ml	5	16 236	81 180

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
330-06	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 33/42	ml	6	21 859	131 155
				Sous-total	131 155
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET ACCESSOIRES				
702p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES PEHD				
361-03-e	Fourniture et pose de Manchon mixte femelle SR 14 DN40	U	2,00	16 896	33 792
				Sous-total	33 792
703p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES GALVA				
463-06-e	Fourniture de raccord union galvanisé 33/42	U	2,0	16 447	32 894
463-06-f	Fourniture de raccord union galvanisé 26/33	U	2,0	10 111	20 222
463-04-d	Fourniture de manchon galvanisé 33/42	U	2,0	5 834	11 669
463-04-e	Fourniture de manchon galvanisé 26/33	U	2,0	4 884	9 768
463-05-d	Fourniture de mamelon galvanisé 33/42	U	4,0	6 943	27 773
463-05-e	Fourniture de mamelon galvanisé 26/33	U	4,0	4 884	19 536
463-01-d'	Fourniture de coude 90° galvanisé 33/42	U	4,0	6 626	26 506
463-01-e	Fourniture de coude 90° galvanisé 26/33	U	4,0	5 042	20 170
				Sous-total	168 538
705p	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé				
463-12-e	Fourniture de vanne ¼ de tour galvanisé 33/42	U	1,00	92 815	92 815
463-12-f	Fourniture de vanne ¼ de tour galvanisé 26/33	U	1,00	64 268	64 268
				Sous-total	157 083
709	Accessoires divers				
463-13-f	Fourniture de crépine en inox ou équivalent 26/33	U	1,00	13 554	13 554
				Sous-total	13 554
104	Sécurisation des ouvrages				
104-1	Fourniture, façonnage et Fourniture et pose de clôture en bois dur (Y compris le peinture)	ml	12,00	44 000	528 000
104-4	Portail d'accès en bois dur de 75x85, avec système de fermeture cadénassé	ut	1,00	85 000	85 000
				Sous-total	613 000
TOTAL OUVRAGE "BOITE DE CAPTAGE"					5 183 864
BASSIN DE FILTRATION DE TYPE ASCENDANT					
100	SERIE 100 - TRAVAUX DE CONSTRUCTION OUVRAGES DE GENIE CIVIL				
101	Terrassement				

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
101-1	Décapage et débroussaillage	m2	9,30	2 820	26 226
101-3	Fouille en rigole ou en tranchée, en terre franche ou sabloneuse	m3	3,40	4 920	16 728
101-8	Remblais compacté par couche de 0,20m	m3	0,66	8 060	5 320
				Sous-total	48 274
102	Maçonnerie et béton				
102-2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3, ep. 5cm	m3	0,26	250 000	65 000
102-5	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	3,20	428 000	1 369 600
102-15	Aciers à haute adhérence	kg	225,00	6 700	1 507 500
102-7	Enduit au mortier de ciment dosé à 400 Kg/m3, ep. 15cm	m2	24,50	14 300	350 350
102-10	Chape étanche au mortier de ciment dosé à 500 kg/m3	m2	18,20	15 650	284 830
102-9	Chape ordinaire au mortier de ciment dosé à 450 kg/m3, ep. 15cm	m2	5,10	14 800	75 480
102-13	Coffrages plans ordinaires	m2	40,00	15 100	604 000
				Sous-total	4 256 760
103	Divers				
103-2	Regard 60x60x60 avec fond, parois et tampon en BA avec système de fermeture métallique cadenassé	U	4,0	187 000	748 000
103-18	Fourniture et pose de sable moyen à grossier, gravier filtre et charbon	m3	0,9	42 780	38 074
				Sous-total	786 074
600	SERIE 600 - CANALISATION				
604p	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIES GALVA				
330-06	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 33/42	ml	12	21 859	262 310
330-03	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 66/76	ml	12	46 834	562 003
				Sous-total	824 314
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET ACCESSOIRES				
703p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES GALVA				
463-01-a	Fourniture de coude 90° galvanisé 66/76	U	4,0	26 902	107 606
463-01-e	Fourniture de coude 90° galvanisé 26/33	U	2,0	5 042	10 085
363-01-d'	Fourniture et pose de coude 90° galvanisé 33/42	U	2,0	6 626	13 253
363-04-d	Fourniture et pose de manchon galvanisé 33/42	U	7,0	5 834	40 841
463-04-e	Fourniture de manchon galvanisé 26/33	U	2,0	4 884	9 768

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
463-06-f	Fourniture de raccord union galvanisé 26/33	U	2,0	10 111	20 222
463-06-b	Fourniture de raccord union galvanisé 66/76	U	6,0	50 627	303 761
363-06-e	Fourniture et pose de raccord union galvanisé 33/42	U	4,0	16 447	65 789
463-05-d	Fourniture de mamelon galvanisé 33/42	U	4,0	6 943	27 773
463-04-a	Fourniture de manchon galvanisé 66/76	U	9,0	20 882	187 942
463-05-a	Fourniture de mamelon galvanisé 66/76	U	6,0	26 268	157 608
				Sous-total	944 647
705p	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé				
363-12-b	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé. 66/76	U	4	434 158	1 736 630
363-12-e	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 33/42	U	3	92 815	278 445
				Sous-total	2 015 075
709	Accessoires divers				
563-24b	Fourniture et pose de crépine inox 33/42	U	1	150 000	150 000
				Sous-total	150 000
104	Sécurisation des ouvrages				
104-1	Fourniture, façonnage et Fourniture et pose de clôture en bois dur (Y compris le peinture)	ml	12,00	44 000	528 000
104-4	Portail d'accès en bois dur de 75x85, avec système de fermeture cadénassé	ut	1,00	85 000	85 000
				Sous-total	613 000
TOTAL BASSIN DE FILTRATION					9 638 143
REHABILITATION DU RESERVOIR DE 24 M3 AU RAS DU SOL					
102	Maçonnerie et béton				
102-7	Enduit au mortier de ciment dosé à 400 Kg/m3, ep. 15cm	m2	75,91	14 300	1 085 506
102-10	Chape étanche au mortier de ciment dosé à 500 kg/m3	m2	27,78	15 650	434 775
				Sous-total	1 520 281
103	Divers				
103-1	Regard 40x40x60 avec fond, parois et tampon en BA avec système de fermeture métallique cadénassé	U	1,00	167 000	167 000
103-2	Regard 60x60x60 avec fond, parois et tampon en BA avec système de fermeture métallique cadénassé	U	1,00	187 000	187 000
				Sous-total	354 000
200	SERIE 200 - MENUISERIE, PEINTURE				

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
203	Peinture				
203-1	Badigeonnage à la chaux grasse appliquée en 2 couches pour couche d'impression	m2	37,09	2 060	76 408
203-4	Peinture vinylique appliquée en 2 couches sur couche d'impression y compris tous travaux préparatoires de la surface à peindre	m2	37,09	8 520	316 017
				Sous-total	392 425
202	Menuiserie métallique				
202-7'	Trappe de visite a dalle de couverture en BA avec serrure metallique cadénassé	Ens.	1	170 000	170 000
202-17	Echelle en aluminium démontable de largeur 0,40m	ml	4,0	125 500	502 000
				Sous-total	672 000
600	SERIE 600 - CANALISATION				
604p	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIES GALVA				
330-06	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 33/42	ml	10	21 859	218 592
330-05	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 40/49	ml	8	34 030	272 237
				Sous-total	490 829
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET ACCESSOIRES				
703p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES GALVA				
363-01-d'	Fourniture et pose de coude 90° galvanisé 33/42	U	3,0	6 626	19 879
463-01-c	Fourniture de coude 90°galvanisé 40/49	U	2,0	13 121	26 242
363-04-d	Fourniture et pose de manchon galvanisé 33/42	U	4,0	5 834	23 338
463-04-c	Fourniture de manchon galvanisé 40/49	U	2,0	7 735	15 470
463-06-d	Fourniture de raccord union galvanisé 40/49	U	2,0	22 308	44 616
363-06-e	Fourniture et pose de raccord union galvanisé 33/42	U	4,0	16 447	65 789
463-05-c	Fourniture de mamelon galvanisé 40/49	U	2,0	12 962	25 925
363-05-d	Fourniture et pose de mamelon galvanisé 33/42	U	4,0	6 943	27 773
				Sous-total	249 031
702p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES PEHD				
361-03-d	Fourniture et pose de Manchon mixte femelle SR 14 DN50	U	2	23 390	46 781
361-03-e	Fourniture et pose de Manchon mixte femelle SR 14 DN40	U	2	16 896	33 792
				Sous-total	80 573
705p	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour				

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
	galvanisé				
363-12-d	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 40/49	U	2	134 069	268 137
363-12-e	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 33/42	U	2	92 815	185 630
				Sous-total	453 767
706p	Fourniture et pose de robinet flotteur				
363-14-c3	Fourniture et pose de robinet flotteur 33/42	U	1	220 188	220 188
				Sous-total	220 188
708p	Fourniture et pose d'une aération				
363-16-c	Fourniture et pose de d'une aération en tuyau galvanisé 40/49	U	1	44 300	44 300
				Sous-total	44 300
709	Accessoires divers				
563-24b	Fourniture et pose de crépine inox 33/42	U	1	150 000	150 000
				Sous-total	150 000
104	Sécurisation des ouvrages				
104-1	Fourniture, façonnage et Fourniture et pose de clôture en bois dur (Y compris le peinture)	ml	16,00	44 000	704 000
104-4	Portail d'accès en bois dur de 75x85, avec système de fermeture cadénassé	ut	1,00	85 000	85 000
				Sous-total	789 000
TOTAL REHBILITATION RESERVOIR 24m3					5 416 394

APPAREILLAGE HYDRAULIQUE: "Ventouse et Vidange"					
103	Divers				
103-2	Regard 60x60x60 avec fond, parois et tampon en BA avec système de fermeture métallique cadénassé	U	4,00	187 000	748 000
				Sous-total	748 000
600	SERIE 600 - CANALISATION				
603	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIE PEHD				
310-05-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 40 PN 10	ml	10	6 047	60 467
310-06-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 32 PN 10	ml	10	4 208	42 076
				Sous-total	102 543
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET ACCESSOIRES				

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
703p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES GALVA				
363-01-d'	Fourniture et pose de coude 90° galvanisé 33/42	U	4,0	6 626	26 506
363-04-d	Fourniture et pose de manchon galvanisé 33/42	U	4,0	5 834	23 338
363-06-e	Fourniture et pose de raccord union galvanisé 33/42	U	4,0	16 447	65 789
363-05-d	Fourniture et pose de mamelon galvanisé %%%μ33/42	U	4,0	6 943	27 773
363-01-e	Fourniture et pose de coude 90° galvanisé 26/33	U	4,0	5 042	20 170
363-04-e	Fourniture et pose de manchon galvanisé 26/33	U	4,0	4 884	19 536
363-06-f	Fourniture et pose de raccord union galvanisé 26/33	U	4,0	10 111	40 445
363-05-e	Fourniture et pose de mamelon galvanisé 26/33	U	4,0	4 884	19 536
				Sous-total	243 091
702p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES PEHD				
361-03-e	Fourniture et pose de Manchon mixte femelle SR 14 DN40	U	8	16 896	135 168
361-03-f	Fourniture et pose de Manchon mixte femelle SR 14 DN32	U	8	12 025	96 202
				Sous-total	231 370
705p	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé				
363-12-e	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 33/42	U	4	92 815	371 260
363-12-f	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 26/33	U	4	64 268	257 073
				Sous-total	628 333
404p	Fourniture et pose équipement et appareillage				
663-06-c-p	Fourniture et pose Ventouse simple ou Purgeur DN40	U	2	996 000	1 992 000
				Sous-total	1 992 000
TOTAL APPAREILLAGE HYDRAULIQUE					3 945 336

CONDUITE D'AMENEE					
500	SERIE 500 - TRAVAUX DE RESEAUX EN TRANCHEE				

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
501	Fouilles en tranchées				
101-7	Déroctage	m3	30	30 000,00	900 000
Sous-total					900 000
503	Ouvrage de franchissement				
503-5	Berceau en béton armé pour conduite DN 40	ml	120	33 200,00	3 984 000
Sous-total					3 984 000
600	SERIE 600 - CANALISATION				
603	FOURNITURE ET POSE DE TUYAUTERIE PEHD				
310-05-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 40 PN 10	ml	2 400	6 046,66	14 511 974
310-06-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 32 PN 10	ml	30	4 207,63	126 229
Sous-total					14 638 203
604p	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIES GALVA				
330-05	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 40/49	ml	120	34 030	4 083 552
Sous-total					4 083 552
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET ACCESSOIRES				
702p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES PEHD				
361-01-e	Fourniture et pose de Manchon SR12 DN40	U	25	18 451	461 287
361-03-e	Fourniture et pose de Manchon mixte femelle SR 14 DN40	U	20	16 896	337 920
Sous-total					799 207
703F	FOURNITURES EN ACCESSOIRES GALVA				
361-01-e	Fourniture et pose de Manchon SR12 DN40	U	30	18 451	553 545
Sous-total					4 083 552
TOTAL CONDUITE D'AMENE					28 488 515

CONDUITE DE DISTRIBUTION					
500	SERIE 500 - TRAVAUX DE RESEAUX EN TRANCHEE				
503	Ouvrage de franchissement				
503-4	Berceau en béton armé pour conduite DN 50	ml	50	34	1 710 000

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
				200,00	
Sous-total					1 710 000
600	SERIE 600 - CANALISATION				
603	FOURNITURE ET POSE DE TUYAUTERIE PEHD				
310-04-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 50 PN 10	ml	450	⁹ 826,08	4 421 736
310-05-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 40 PN 10	ml	1 660	⁶ 046,66	10 037 449
310-07-c	Fourniture et pose de tuyaux PEHD DN 25 PN 10	ml	600	³ 323,76	1 994 256
Sous-total					16 453 441
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET ACCESSOIRES				
702p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES PEHD				
361-01-d	Fourniture et pose de Manchon SR12 DN50	U	12	28 730	344 761
361-01-e	Fourniture et pose de Manchon SR12 DN40	U	40	18 451	738 060
361-01-g	Fourniture et pose de Manchon SR12 DN25	U	15	9 755	146 330
361-04-j	Fourniture et pose de manchon réduit 50/40	U	3	29 560	88 680
361-04-n	Fourniture et pose de manchon réduit 40/25	U	10	19 332	193 322
361-07-e	Fourniture et pose de Tés égaux 90° DN 40	U	4	39 951	159 804
361-07-g	Fourniture et pose de Tés égaux 90° DN 25	U	4	17 384	69 535
361-08-l	Fourniture et pose de Té réduit 50/25/50	U	4	56 100	224 400
361-08-n	Fourniture et pose de Té réduit 40/25/40	U	10	39 626	396 264
Sous-total					2 361 156
TOTAL CONDUITE DE DISTRIBUTION					20 524 597

CONSTRUCTION DE NOUVEAU BORNE FONTAINE PUBLIQUE (16Unités)					
100	SERIE 100 - TRAVAUX DE CONSTRUCTION OUVRAGES DE GENIE CIVIL				
101	Terrassement				
101-1	Décapage et débroussaillage	m2	4,00	² 820,00	11 280
101-3	Fouille en rigole ou en tranchée, en terre franche ou sabloneuse	m3	1,58	⁴ 920,00	7 774
101-8	Remblais compacté par couche de 0,20m	m3	0,64	⁸ 060,00	5 158
Sous-total					24 212
102	Maçonnerie et béton				

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
102-2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3, ep. 5cm	m3	0,39	250 000	97 500
102-5	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	0,98	428 000	419 440
102-7	Enduit au mortier de ciment dosé à 400 Kg/m3, ep. 15cm	m2	10,21	14 300	146 003
102-9	Chape ordinaire au mortier de ciment dosé à 450 kg/m3, ep. 15cm	m2	10,60	14 800	156 880
102-13	Coffrages plans ordinaires	m2	3,50	15 100	52 850
102-15	Aciers à haute adhérence	kg	45,20	6 700	302 840
				Sous-total	1 175 513
103	Divers				
103-1	Regard 40x40x60 avec fond, parois et tampon en BA avec système de fermeture métallique cadénassé	U	1,00	167 000	167 000
103-8	Puisard absorbant de section 0,7x0,7m et de profondeur 1,00m, parois en maçonnerie sèche de blocage avec tampon en BA amovible	U	1,00	237 000	237 000
				Sous-total	404 000
104	Sécurisation des ouvrages				
104-1	Fourniture, façonnage et Fourniture et pose de clôture en bois dur (Y compris le peinture)	ml	11,00	44 000	484 000
104-4	Portail d'accès en bois dur de 75x85, avec système de fermeture cadénassé	ut	1,00	85 000	85 000
				Sous-total	569 000
200	SERIE 200 - MENUISERIE, PEINTURE				
203	Peinture				
203-2	Peinture à l'huile appliquée en 2 couches	m2	32,0	9 290	297 280
				Sous-total	297 280
600	SERIE 600 - CANALISATION				
604P	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIES GALVA				
330-08	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 20/27	ml	2	12 830	19 246
				Sous-total	19 246
602	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIE PVC - EVACUATION				
420-21	Fourniture et pose de tuyau d'évacuation en PVC 63	ml	10	8 411	84 107
				Sous-total	84 107
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET				

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
	ACCESSOIRES				
703p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES GALVA				
363-01-f	Fourniture et pose de coude 90° galvanisé 20/27	U	4,0	3 854	15 418
363-04-f	Fourniture et pose de manchon galvanisé 20/27	U	5,0	3 617	18 084
363-06-g	Fourniture et pose de raccord union galvanisé 20/27	U	4,0	7 102	28 406
363-05-f	Fourniture et pose de mamelon galvanisé 20/27	U	4,0	3 775	15 101
				Sous-total	77 009
702p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES PEHD				
361-02-g	Fourniture et pose de Manchon Mixtes Mâles SR13 DN25	U	1	7 804	7 804
				Sous-total	7 804
705p	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé				
363-12-g	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 20/27	U	1	41 465	41 465
				Sous-total	41 465
707p	Fourniture et pose de robinet de puisage en laiton				
363-15-a	Fourniture et pose de robinet de puisage en laiton 20/27 de type à bécuille	U	1	49 394	49 394
				Sous-total	49 394
TOTAL BORNE FONTAINE					2 749 030

DISPOSITIF DE LAVAGE DES MAINS (DLM)					
100	SERIE 100 - TRAVAUX DE CONSTRUCTION OUVRAGES DE GENIE CIVIL				
101	Terrassement				
101-1	Décapage et débroussaillage	m2	4,00	2 820	11 280
101-3	Fouille en rigole ou en tranchée, en terre franche ou sabloneuse	m3	0,30	4 920	1 476
				Sous-total	12 756
102	Maçonnerie et béton				
102-2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3, ep. 5cm	m3	0,08	250 000	20 000
102-5	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	0,87	428 000	372 360

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
102-15	Aciers à haute adhérence	kg	56,55	6 700	378 885
102-13	Coffrages plans ordinaires	m2	14,79	15 100	223 329
102-7	Enduit au mortier de ciment dosé à 400 Kg/m3, ep. 15cm	m2	5,19	14 300	74 217
102-9	Chape ordinaire au mortier de ciment dosé à 450 kg/m3, ep. 15cm	m2	0,30	14 800	4 440
				Sous-total	1 073 231
103	Divers				
103-1	Regard 40x40x60 avec fond, parois et tampon en BA avec système de fermeture métallique cadenassé	U	1,00	167 000	167 000
103-8	Puisard absorbant de section 0,7x0,7m et de profondeur 1,00m, parois en maçonnerie sèche de blocage avec tampon en BA amovible	U	1,00	237 000	237 000
				Sous-total	404 000
600	SERIE 600 - CANALISATION				
604P	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIES GALVA				
330-08	Fourniture et pose de tuyaux galvanisés 20/27	ml	12,00	12 830	153 965
				Sous-total	153 965
602	FOURNITURE ET POSE TUYAUTERIE PVC - EVACUATION				
420-21	Fourniture et pose de tuyau d'évacuation en PVC 63	ml	5	8 411	42 054
				Sous-total	42 054
700	SERIE 700 - ROBINETERIES ET ACCESSOIRES				
702p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES PEHD				
361-02-g	Fourniture et pose de Manchon Mixtes Mâles SR13 DN25	U	1	7 804	7 804
				Sous-total	7 804
703p	FOURNITURE ET POSE ACCESSOIRES GALVA				
363-01-f	Fourniture et pose de coude 90° galvanisé 20/27	U	3	3 854	11 563
363-04-f	Fourniture et pose de manchon galvanisé 20/27	U	8	3 617	28 934
363-06-g	Fourniture et pose de raccord union galvanisé 20/27	U	2	7 102	14 203
363-05-f	Fourniture et pose de mamelon galvanisé 20/27	U	8	3 775	30 202
363-02-f	Fourniture et pose de Tés égaux galvanisé 20/27	U	8	3 854	30 835
				Sous-	115 738

POSTE	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
				En Ariary	En Ariary
total					
705p	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé				
363-12-g	Fourniture et pose de vanne ¼ de tour galvanisé 20/27	U	1	41 465	41 465
		Sous-total			41 465
707p	Fourniture et pose de robinet de puisage en laiton				
363-15-a	Fourniture et pose de robinet de puisage en laiton 20/27 de type à béquille	U	1	49 394	49 394
		Sous-total			49 394
TOTAL DLM					1 900 406

➤ **CONSTRUCTION D'UN LATRINE A 4 BOX A AMBODIVONA CR ANJEPY**

N° Prix	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (Ar)	MONTANT (Ar)
SERIE 000- PRIX GENERAUX					
1	Installation de chantier <i>Concerne</i> : base vie	Fft	1,00	1 373 000,00	1 373 000,00
2	Repli de chantier <i>Concerne</i> : base vie	Fft	1,00	590 480,00	590 480,00
				<i>Sous-total prix généraux</i>	1 963 480,00
SERIE 100 – TERRASSEMENT					
103	Fouille d'ouvrage <i>Concerne</i> : fondations	m3	6,80	7 248,00	49 271,90
				<i>Sous-total terrassement</i>	49 271,90

SERIE 200 - OUVRAGES EN INFRASTRUCTURE					
201	Béton de propreté dosé à 150kg/m3 de CEM I 42,5 <i>Concerne</i> : fondations	m3	0,57	276 137,00	156 431,61
202	Hérissonnage en pierresèche <i>Concerne</i> : dallage	m3	6,30	74 563,00	469 746,90
203	Maçonnerie de moellons hourdée au mortier de ciment dosé à 300kg/m3 de CEM I 42,5 <i>Concerne</i> : fondations	m3	4,45	122 510,00	545 169,50
204	Béton ordinaire dosé à 250 kg/m3 de CEM I 42,5 <i>Concerne</i> : dallage	m3	2,67	393 227,00	1 049 916,09
207	Béton pour béton armé dosé à 350 kg/m3 de CEM I 42,5 <i>Concerne</i> : semelles, amorces des poteaux, chainage	m3	1,45	405 912,00	588 572,40
208	Aciers pour armature <i>Concerne</i> : ouvrages en BA	kg	65,25	6 396,00	417 339,00
209	Coffrage en bois <i>Concerne</i> : ouvrages en BA	m2	11,60	22 637,00	262 589,20
Sous total béton et maçonnerie					3 489 764,70
II - OUVRAGES EN SUPERSTRUCTURE					
SERIE 200 - BETON ET MAÇONNERIE					
207	Béton pour béton armé dosé à 350 kg/m3 de CEM I 42,5, <i>Concerne</i> : poteaux, chaînages, linteaux, putoir enfant	m3	1,86	405 912,00	754 996,32
208	Aciers pour armature <i>Concerne</i> : ouvrages en BA	kg	83,70	6 396,00	535 345,20
209	Coffrage en bois <i>Concerne</i> : ouvrages en BA	m2	14,88	22 637,00	336 838,56
210	Maçonnerie de brique d'épaisseur 0,20m, hourdée au mortier de ciment <i>Concerne</i> : murs en élévation	m2	81,85	34 996,00	2 864 492,59
211	Maçonnerie de brique d'épaisseur 0,10m, hourdée au mortier de ciment <i>Concerne</i> : murs intérieur	m2	13,66	23 274,00	317 922,84
212	Maçonnerie de claustras d'épaisseur 0,20m, hourdée au mortier de ciment <i>Concerne</i> : murs intérieur	m2	3,75	37 484,00	140 490,03
Sous total béton et maçonnerie					4 950 085,54

SERIE 300 - ENDUIT ET CHAPE					
301	Enduit au mortier de ciment dosé à 350 kg/m3	m2	172,04	7 884,00	1 356 363,36
	<u>Concerne</u> : murs en élévation				
302	Chape bouchardée de ciment dosé à 400 kg/m3 de CEM I 42,5	m2	35,23	9 757,50	343 756,73
	<u>Concerne</u> : Dallage				
	Sous total enduit et chape				1 700 120,09
SERIE 400 - CHARPENTE - COUVERTURE – PLAFONNAGE					
402	Charpentes en bois dur non assemblées pour solive, entretoise	m3	0,29	1 101 296,00	317 173,25
	<u>Concerne</u> : charpente				
403	Fourniture et pose de tôle galvabac d'ép 50/100è y compris toutes sujétions de pose et de mise en œuvre	m2	23,60	26 134,00	616 762,40
	<u>Concerne</u> : couverture				
405	Fourniture et pose de tuyauterie d'évacuation des eaux pluviales et eaux vannes en PVC Ø100	ml	10,50	17 758,00	186 459,00
	<u>Concerne</u> : descente d'eau pluviale				
	Sous total - Charpente - Couverture - Plafonnage				1 120 394,65
SERIE 500 – REVETEMENT					
501	Fourniture et pose de carreaux de sol en grès cérame 0,30x0,30m	m2	31,44	43 258,00	1 360 031,52
	<u>Concerne</u> : mural Salle d'eau				
502	Plinthe en carreaux 0,10x0,30m	ml	20,18	14 896,00	300 601,28
	<u>Concerne</u> : mural salle d'eau				
503	Carreaux mural 0,10x0,10m	m2	3,60	28 056,00	101 001,60
	<u>Concerne</u> : pissoir enfant				
	sous total revêtement				1 761 634,40

SERIE 600 – PEINTURE					
601	Peinture à la chaux alunée en deux couches <u>Concerne</u> : murs en élévation	m2	171,65	1 134,00	194 651,10
603	Peinture plastique intérieure en deux couches <u>Concerne</u> : mur intérieur	m2	83,80	5 983,00	501 375,40
604	Peinture plastique extérieure en deux couches <u>Concerne</u> : mur extérieur	m2	85,90	5 983,00	513 939,70
605	Peinture glycérophthalique en deux couches <u>Concerne</u> : ouvrages métalliques (portes, grilles),	m2	1,76	10 792,00	19 037,09
Sous total Peinture					1 229 003,29
SERIE 800 - MENUISERIE					
801	Fourniture et pose de porte en bois de dimension 0,70x2,10m, y compris toutes sujétions de mise en œuvre <u>Concerne</u> : porte intérieur	U	2,00	636 514,00	1 273 028,00
802	Fourniture et pose de porte ALU de dimension 0,70x2,10m, y compris toutes sujétions de mise en œuvre <u>Concerne</u> : porte extérieur	U	2,00	877 524,00	1 755 048,00
803	Fourniture et post de garde-corps métallique, y compris toute sujétion de mise en œuvre <u>Concerne</u> : Main courante	ml	2,00	284 919,00	569 838,00
Sous total menuiserie					3 028 076,00

SERIE 1000 - PLOMBERIE					
1001	Raccordement des appareils <u>Concerne</u> : intérieur	ml	45,00	23 418,00	1 053 810,00
1002	Fourniture et pose de WC à la turque, y compris robinetterie et toute sujétion de mise en œuvre <u>Concerne</u> : WC	U	4,00	114 488,00	457 952,00
1003	Fourniture et pose de Lave-main, avec les accessoires de fixation et robinetterie y compris sujétion de mise en œuvre <u>Concerne</u> : WC	U	1,00	218 568,00	218 568,00
1004	Robinet pour lave main <u>Concerne</u> : DLM	U	5,00	107 983,00	539 915,00
1005	Fourniture et pose de WC à l'Anglaise, y compris accessoire de robinetterie et toute sujétion de mise en œuvre <u>Concerne</u> : WC	U	1,00	283 618,00	283 618,00
1006	Fourniture et pose de douche pour les handicapés, avec les accessoires de robinetterie et toute sujétion de mise en œuvre <u>Concerne</u> : WC	U	1,00	290 123,00	290 123,00
	Sous total équipement électrique				2 843 986,00
SERIE 1100 - EQUIPEMENTS ELECTRIQUE					
1105	Fourniture et pose de câblage d'alimentation <u>Concerne</u> : intérieur	ml	100,00	15 612,00	1 561 200,00
1106	Installation d'un point lumineux à simple allumage, y compris toutes sujétions de pose <u>Concerne</u> : devanture	U	8,00	30 313,00	242 504,00
	Sous total équipement électrique				1 803 704,00
SERIE 1200 - ASSAINISSEMENT					
1201	Regard 40 x 40 <u>Concerne</u> : Assainissement	U	2,00	82 613,00	165 226,00
1202	Fosse septique 12 personnes <u>Concerne</u> : Assainissement	Fft	1,00	1 958 005,00	1 958 005,00
1203	Raccordement regard en buse Φ100 <u>Concerne</u> : Assainissement	U	1,00	200 000,00	200 000,00
	Sous total équipement électrique				2 323 231,00

RECAPITULATION

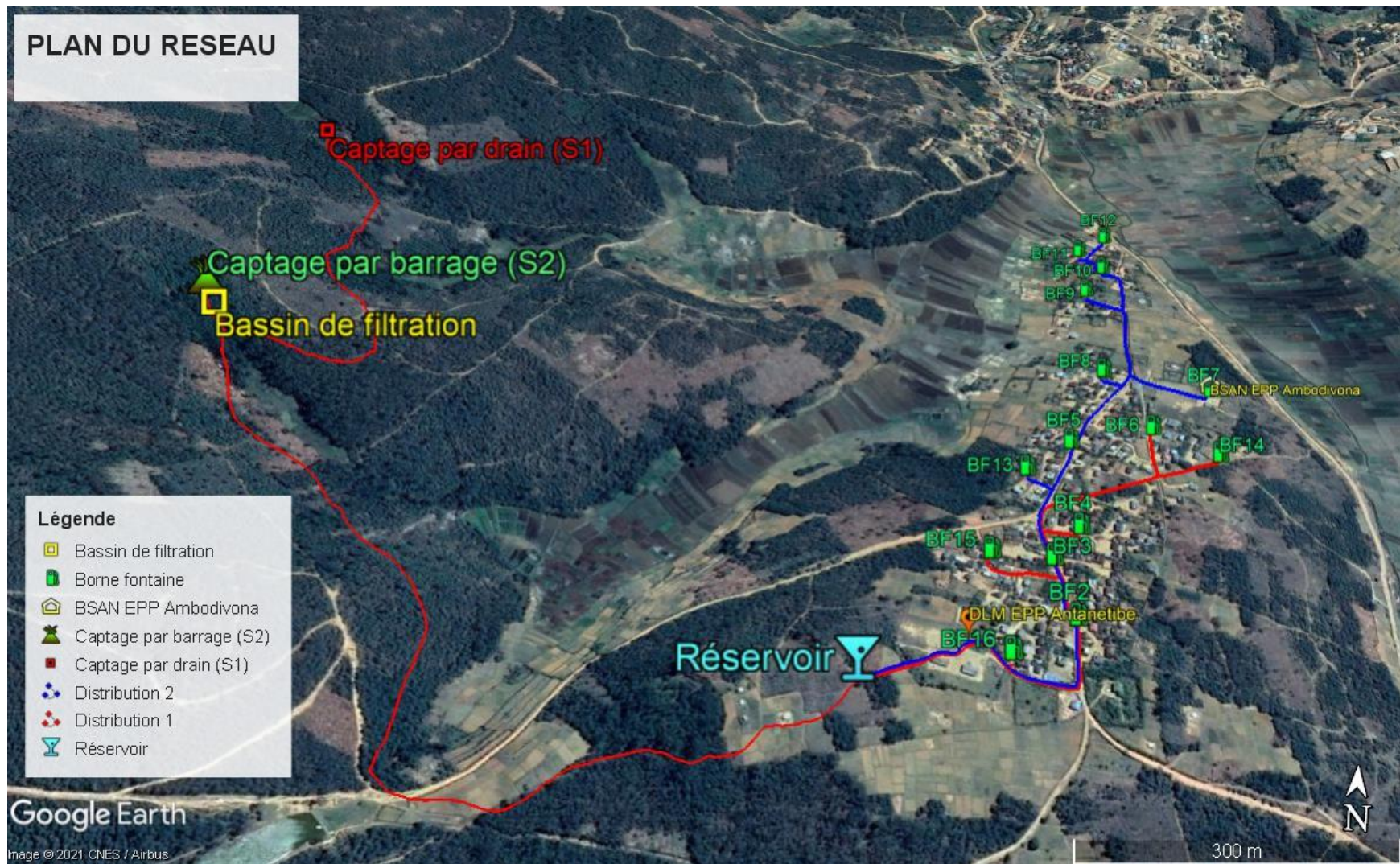
DESIGNATION DES TRAVAUX	MONTANT (Ar)
SERIE 000- PRIX GENERAUX	1 963 480,00
SERIE 100 – TERRASSEMENT	49 271,90
SERIE 200 - BETON ET MAÇONNERIE	8 439 850,24
SERIE 300 - ENDUIT ET CHAPE	1 700 120,09
SERIE 400 - CHARPENTE - COUVERTURE – PLAFONNAGE	1 120 394,65
SERIE 500 – REVETEMENT	1 761 634,40
SERIE 600 – PEINTURE	1 229 003,29
SERIE 800 - MENUISERIE	3 028 076,00
SERIE 1000 - PLOMBERIE	2 843 986,00
SERIE 1100 - EQUIPEMENTS ELECTRIQUE	1 803 704,00
SERIE 1200 - ASSAINISSEMENT	2 323 231,00
MONTANT TOTAL	26 262 751,57

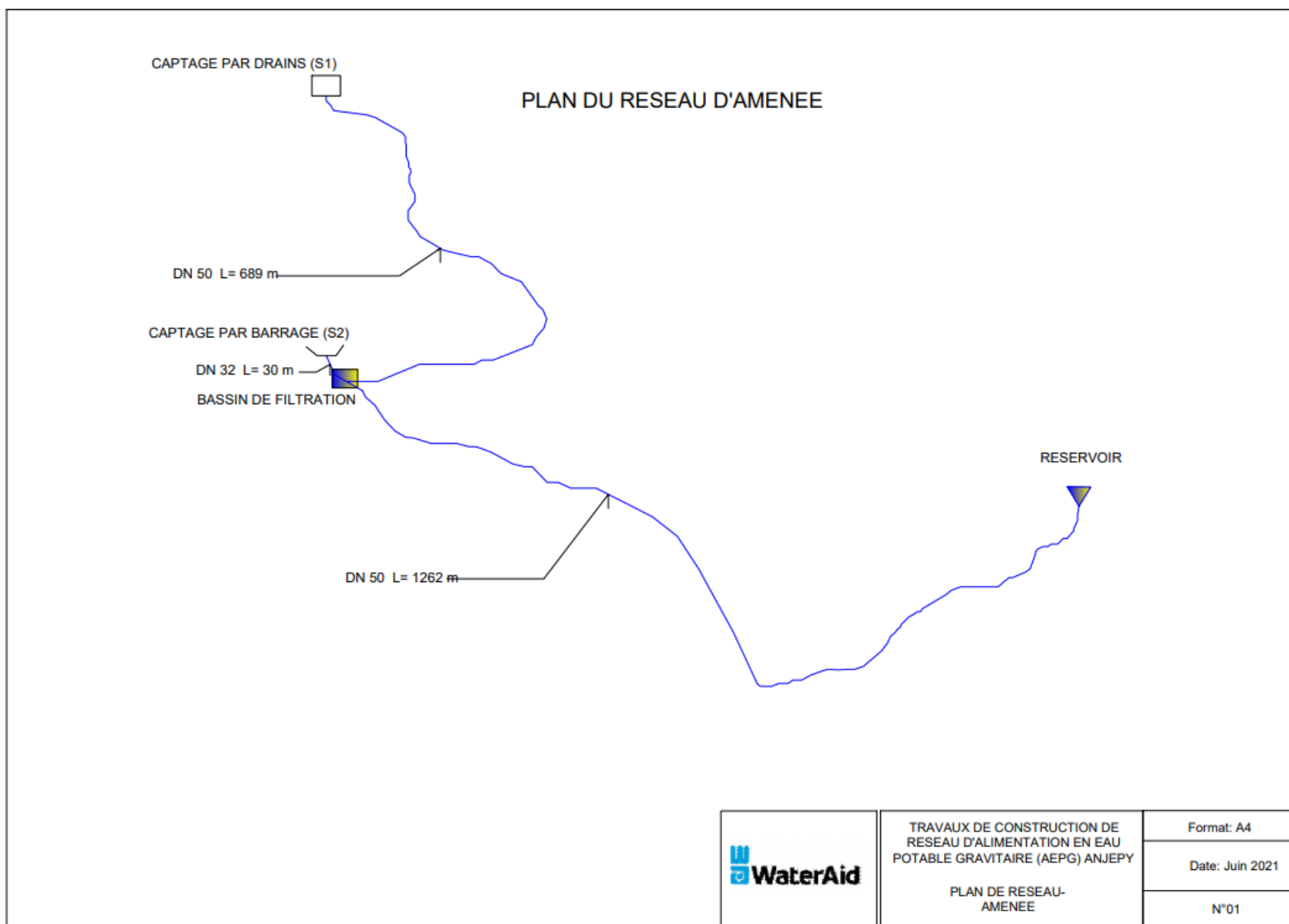
Annexe 9 : Calcul de la VAN et TRI :

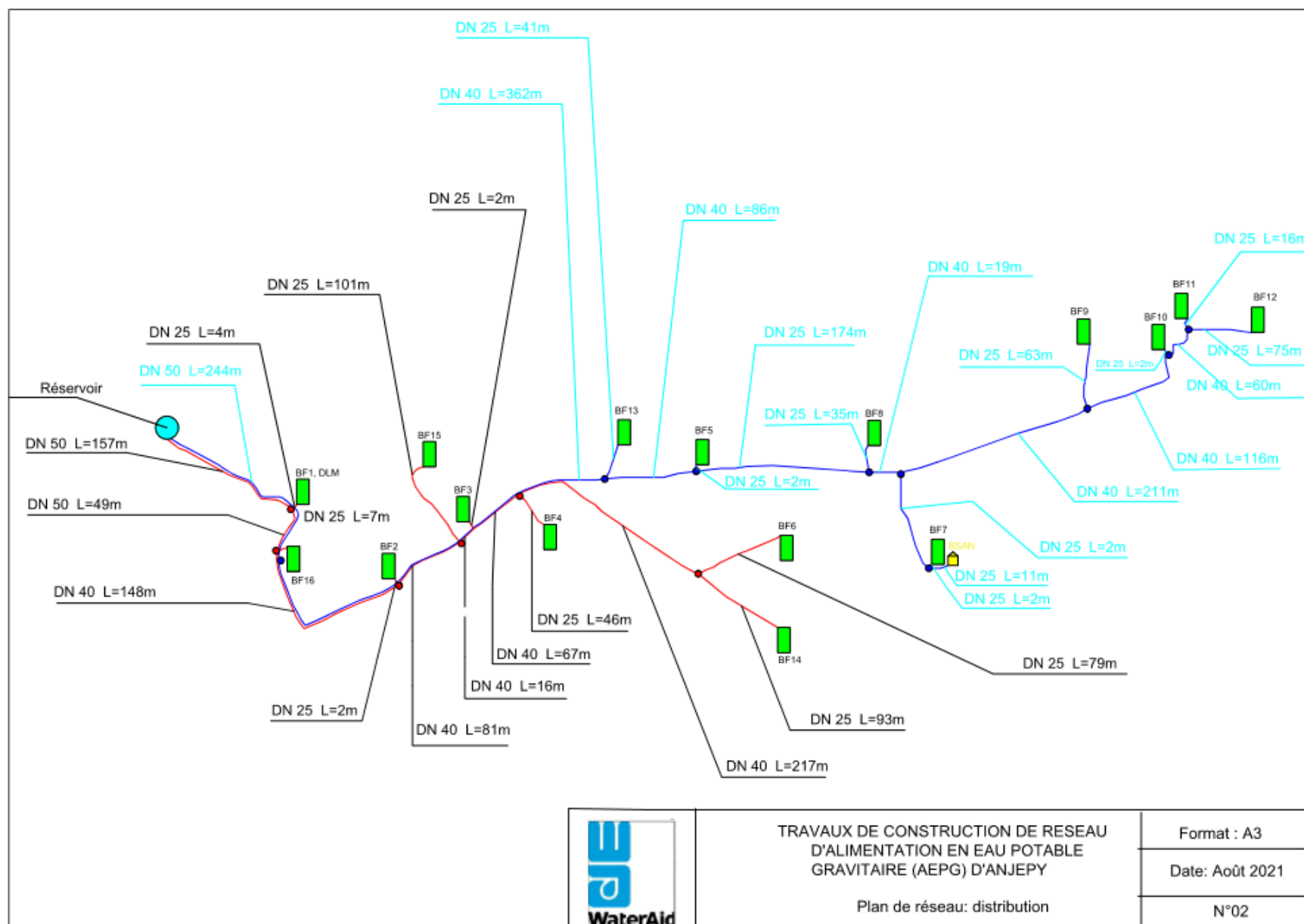
Années	1	5	10	15
Chiffre d'affaires (Ar)	67 346 500	83 573 640	101 111 840	121 719 040
Charges d'affaires (Ar)	60 278 925	70 757 276	86 058 603	104 638 671
Dotations aux amortissements (Ar)	0	0	0	0
Flux nets de trésoreries (Ar)	7 067 575	12 816 364	15 053 237	17 080 369
FNT actualisés (taux de 4%)	6 795 745	10 534 117	10 169 428	9 484 122
Cumul des FNT actualisés (Ar)	6 795 745	48 801 247	100 586 562	149 512 170
Investissement (Ar)	57 970 543			
VAN (Ar)	82 491 499			
TRI	16%			

Annexe 10 : Plans des ouvrages

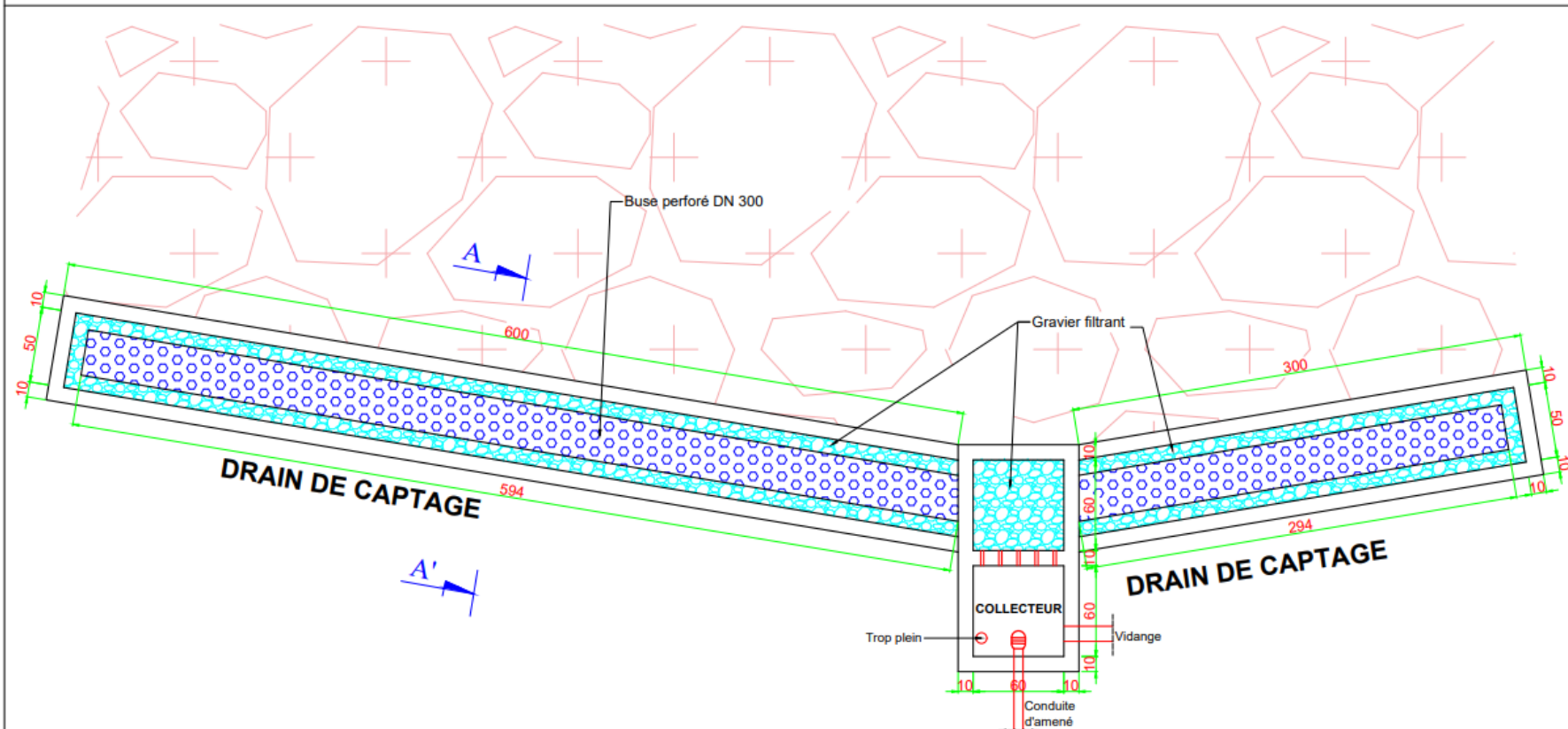
- Plan du réseau
- Plan du réseau des conduites d'amenées
- Plan du réseau de distribution
- Ouvrages de captages (source 1 et source 2)
- Bassin de filtration
- Réservoir
- Bloc sanitaire
- Borne fontaine
- Profil en long des conduites







VUE EN PLAN CAPTAGE SOURCE 1



TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

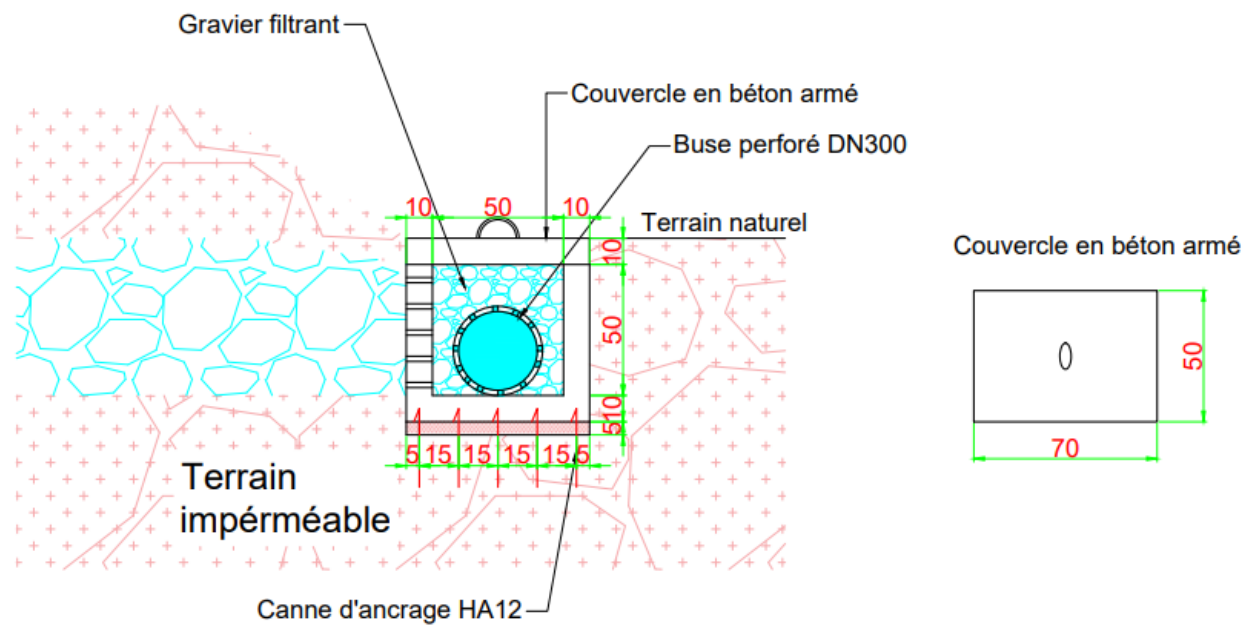
OUVRAGE DE CAPTAGE SOURCE 1
-Vue en plan-

ECHELLE
1/50è

DATE
05/06/21

NUMERO 01

COUPE AA'



TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

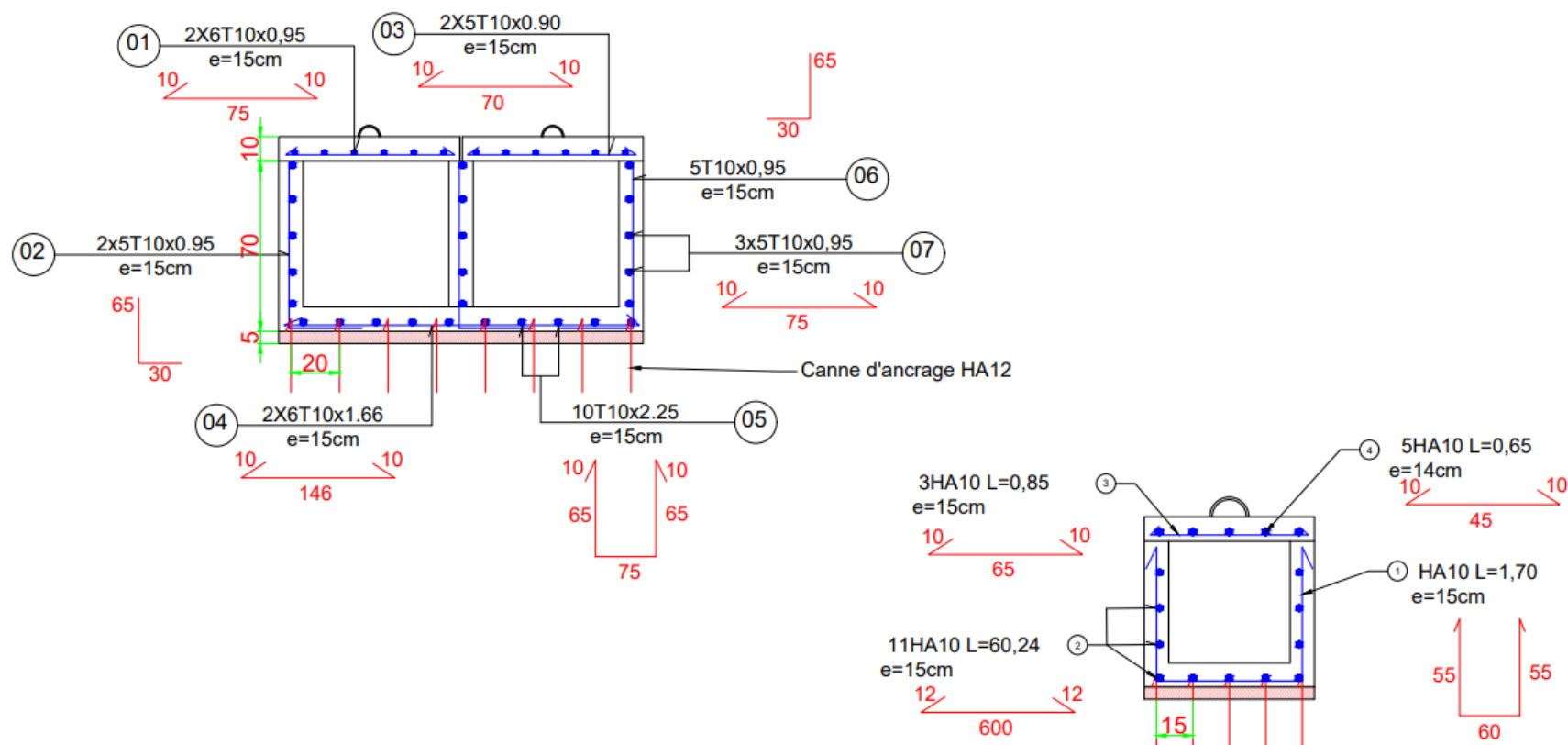
OUVRAGE DE CAPTAGE SOURCE 1
-Coupe AA'

ECHELLE
1/50è

DATE
05/06/21

NUMERO 01

PLAN FERRAILLAGE CAPTAGE SOURCE 1



TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

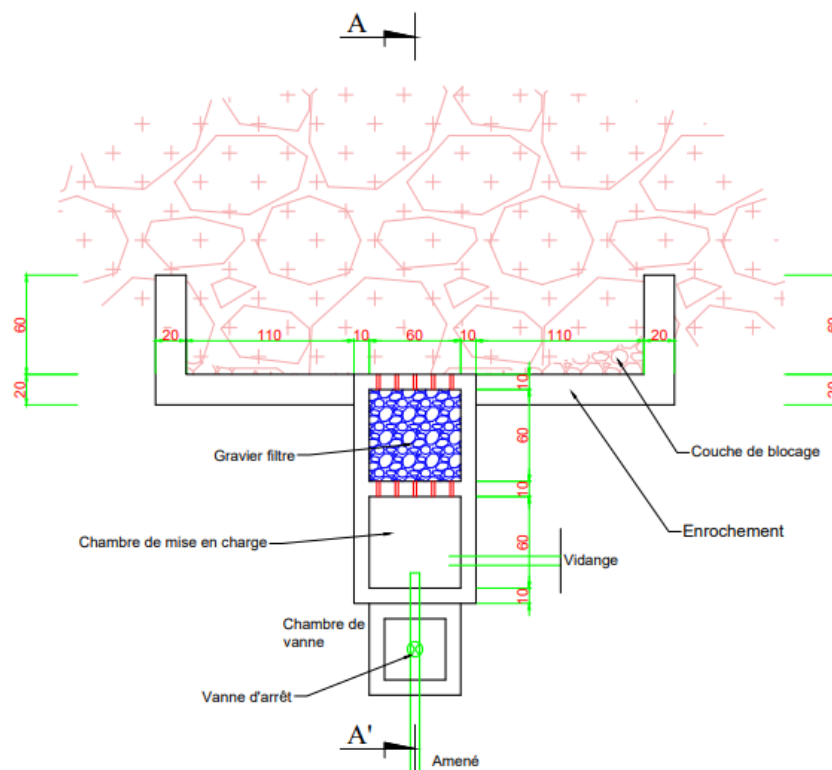
OUVRAGE DE CAPTAGE SOURCE 1
Plan ferrailage

ECHELLE
1/50è

DATE
05/06/21

NUMERO **02**

VUE EN PLAN CAPTAGE SOURCE 2



TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

OUVRAGE DE CAPTAGE
-Vue en plan-

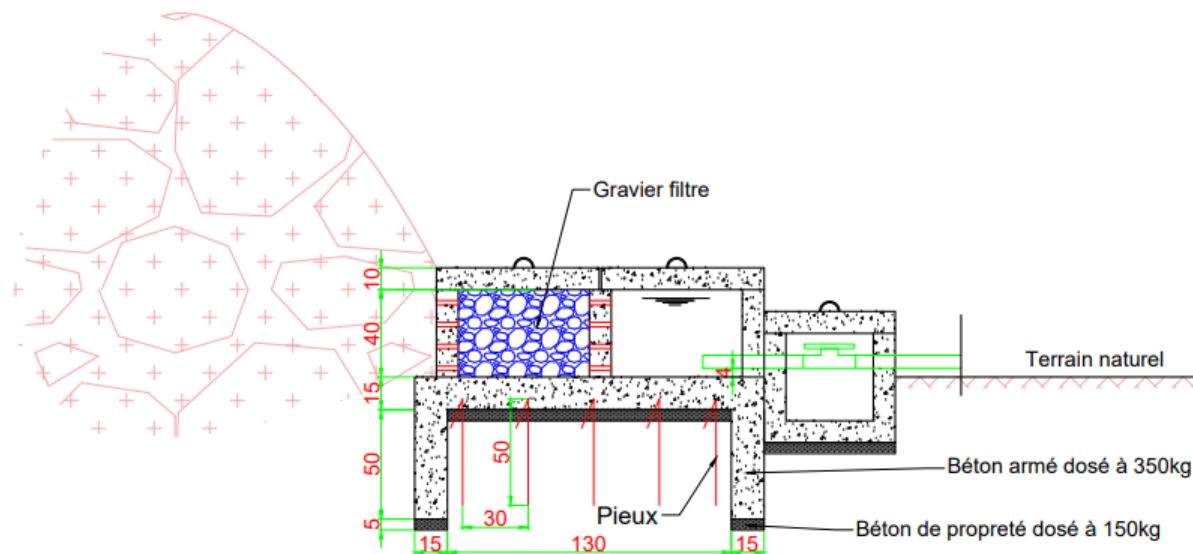
ECHELLE
1/50è

DATE
05/06/21

NUMERO

01

COUPE AA'



TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

OUVRAGE DE CAPTAGE
-Coupe AA'

ECHELLE
1/50è

DATE
05/06/21

NUMERO

02

Technical drawing of a water distribution network structure, showing various components and dimensions. The drawing includes a central rectangular structure with a horizontal section and a vertical section. The components are labeled with numbers 1 through 9, and their dimensions are provided in centimeters (cm).

- Component 1:** 23T10x1.30, e=15cm, 60
- Component 2:** 12T10x3.59, e=15cm, 335
- Component 3:** 23T10x3.24, e=15cm, 300
- Component 4:** 3x4T10x9.9, e=15cm, 75
- Component 5:** 2x7T10x0.68, e=15cm, 5, 48, 15
- Component 6:** 2x7T10x0.9, e=15cm, 12, 66, 12
- Component 7:** 2x5T10x9.9, e=15cm, 12, 75, 12
- Component 8:** 7T10x0.68, e=15cm, 5, 48, 15
- Component 9:** 24T10x3.24, e=15cm, 12, 300, 12

The drawing also includes a scale bar indicating 60 and 10 units, and a title block with the text: TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE D'ANJEPY MANJAKANDRIANA. The scale is 1/50e.

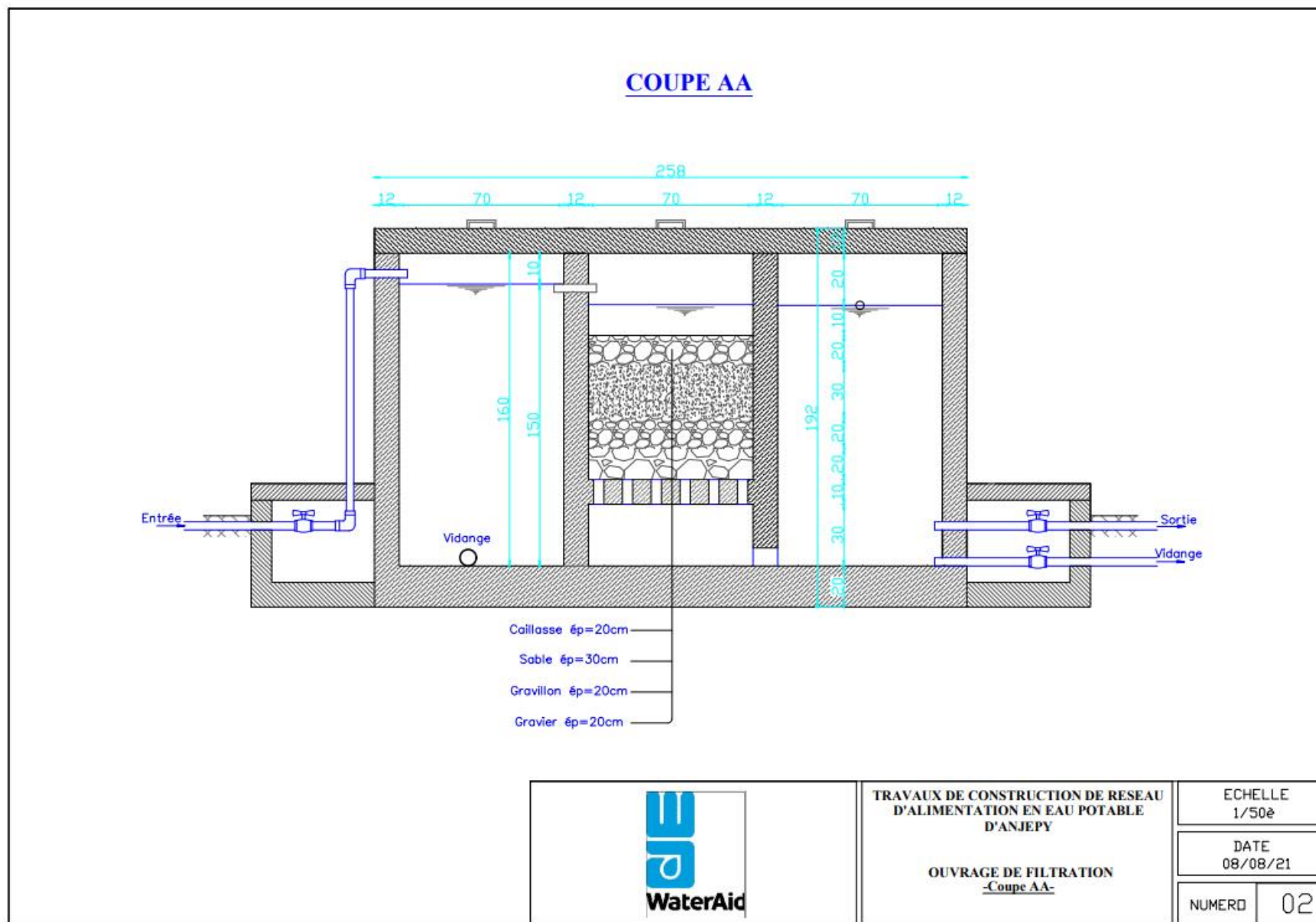


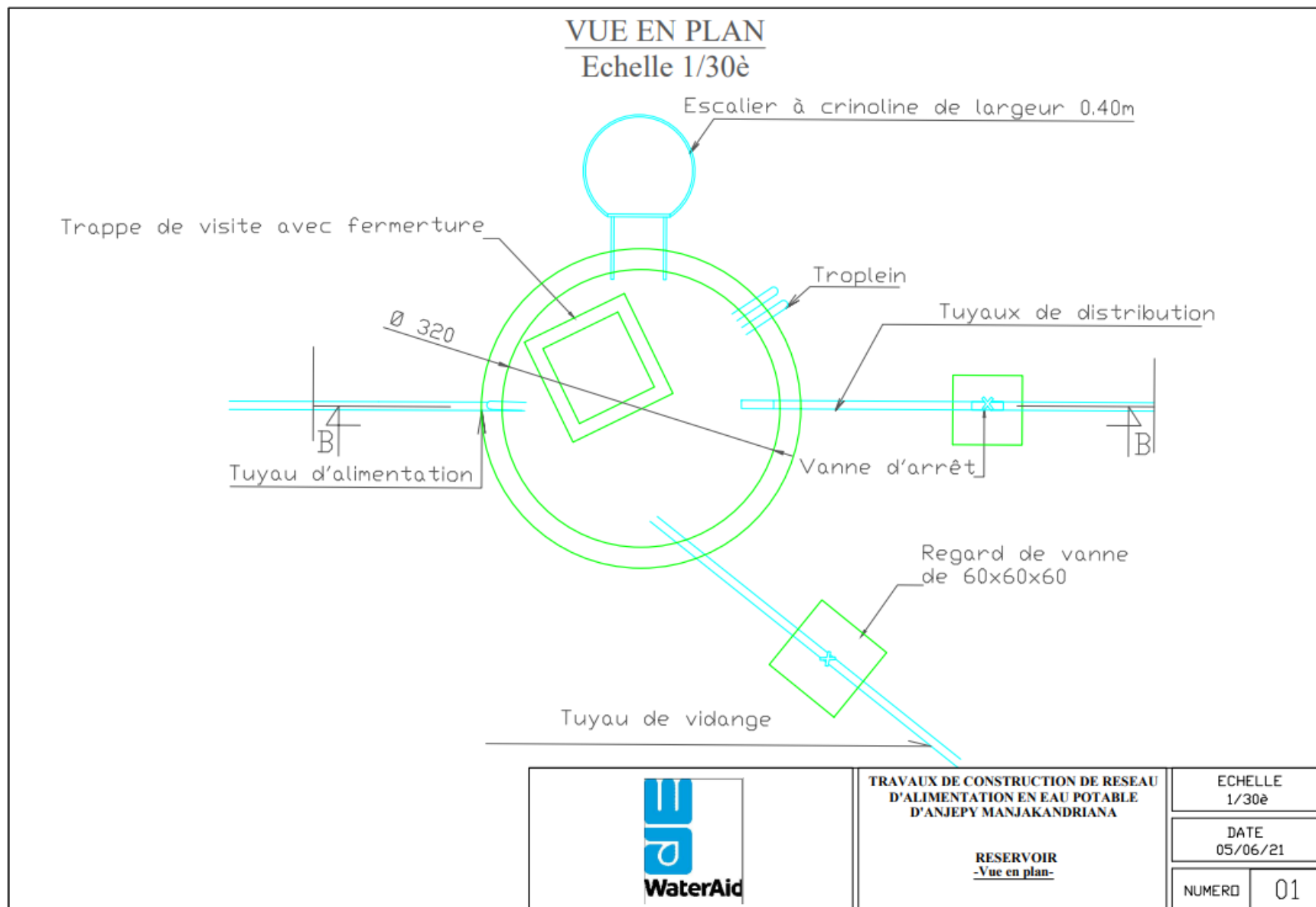
OUVRAGE DE CAPTAGE
Plan ferrailage

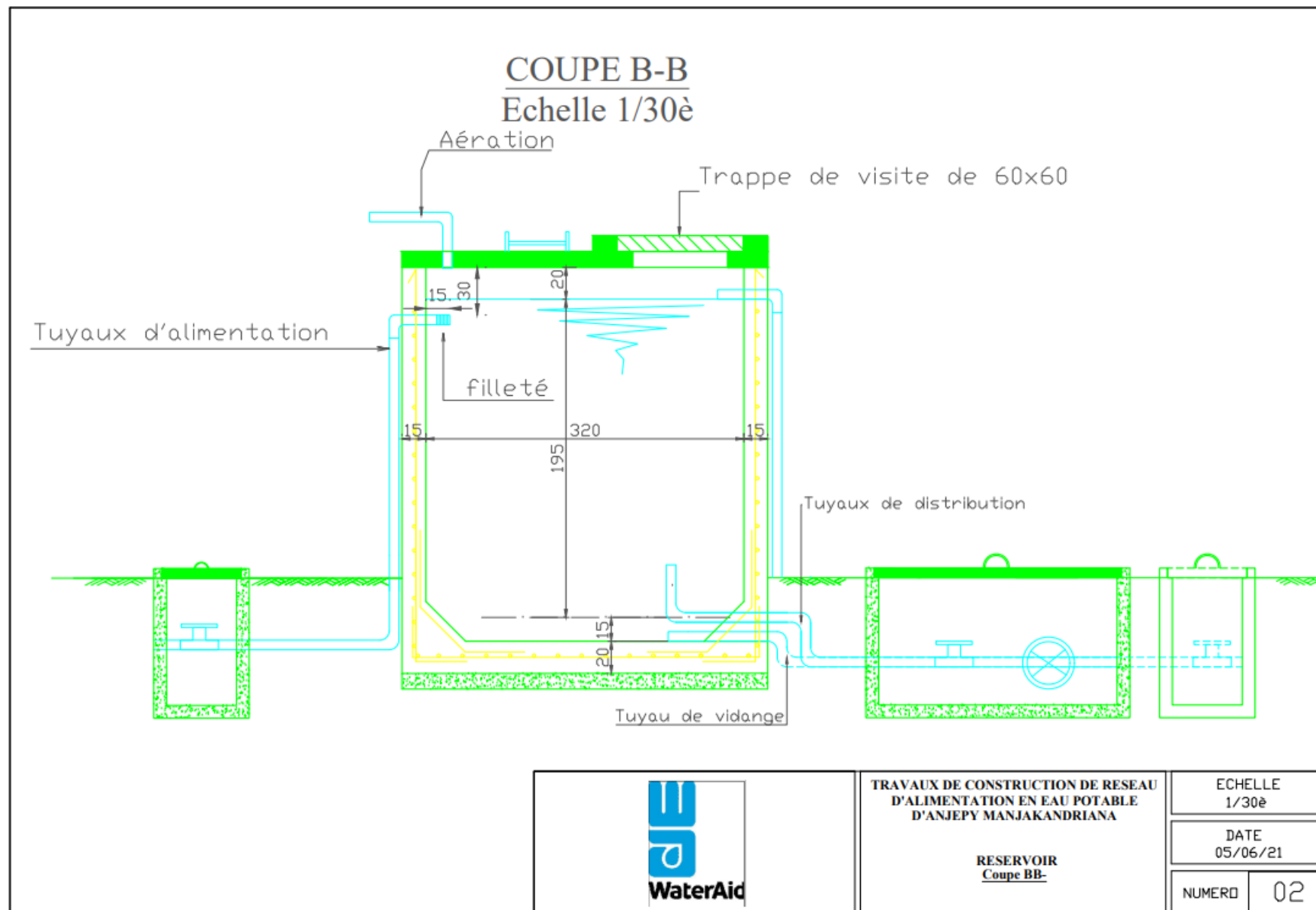
DATE
05/06/21

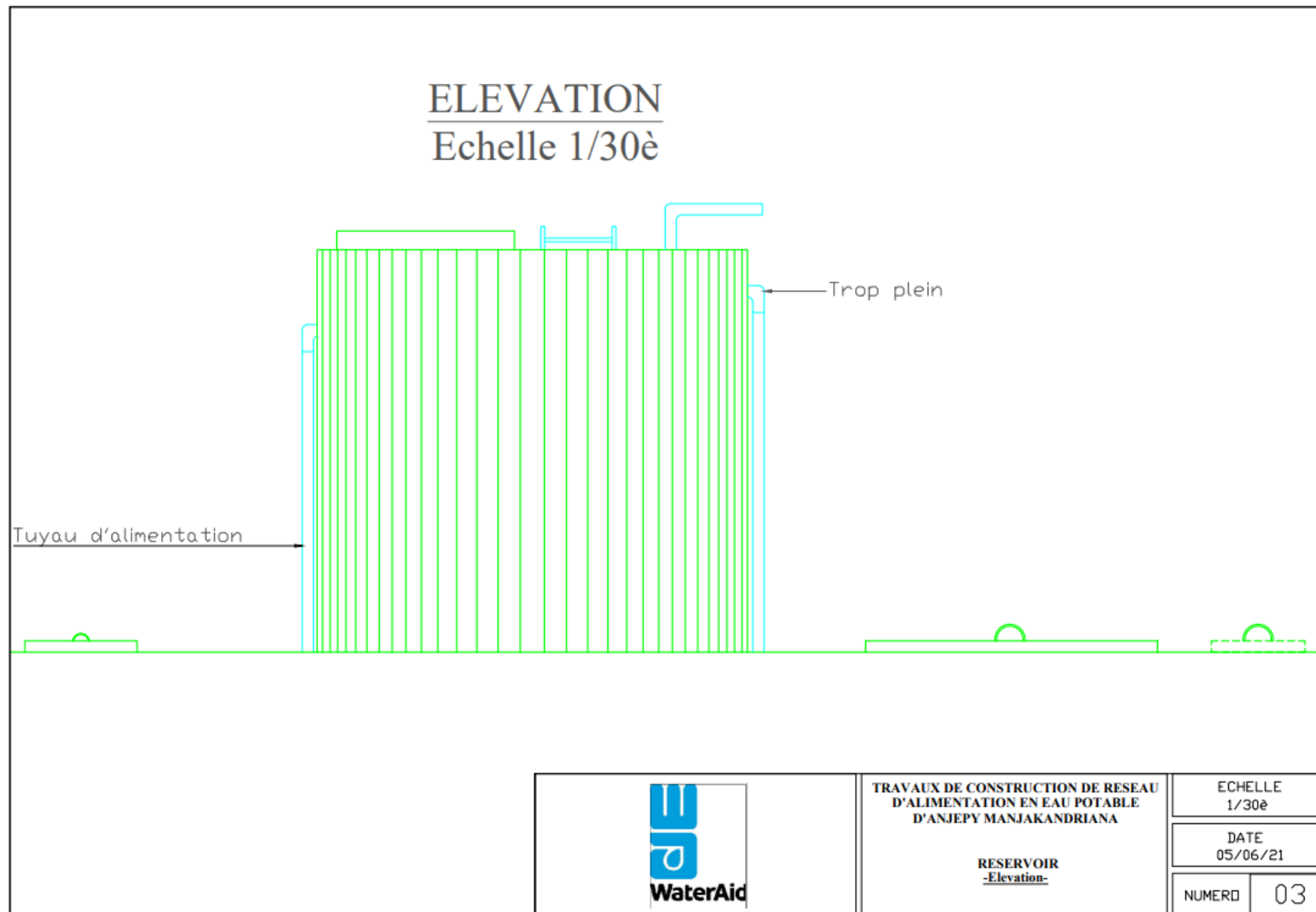
NUMERO	03
--------	----

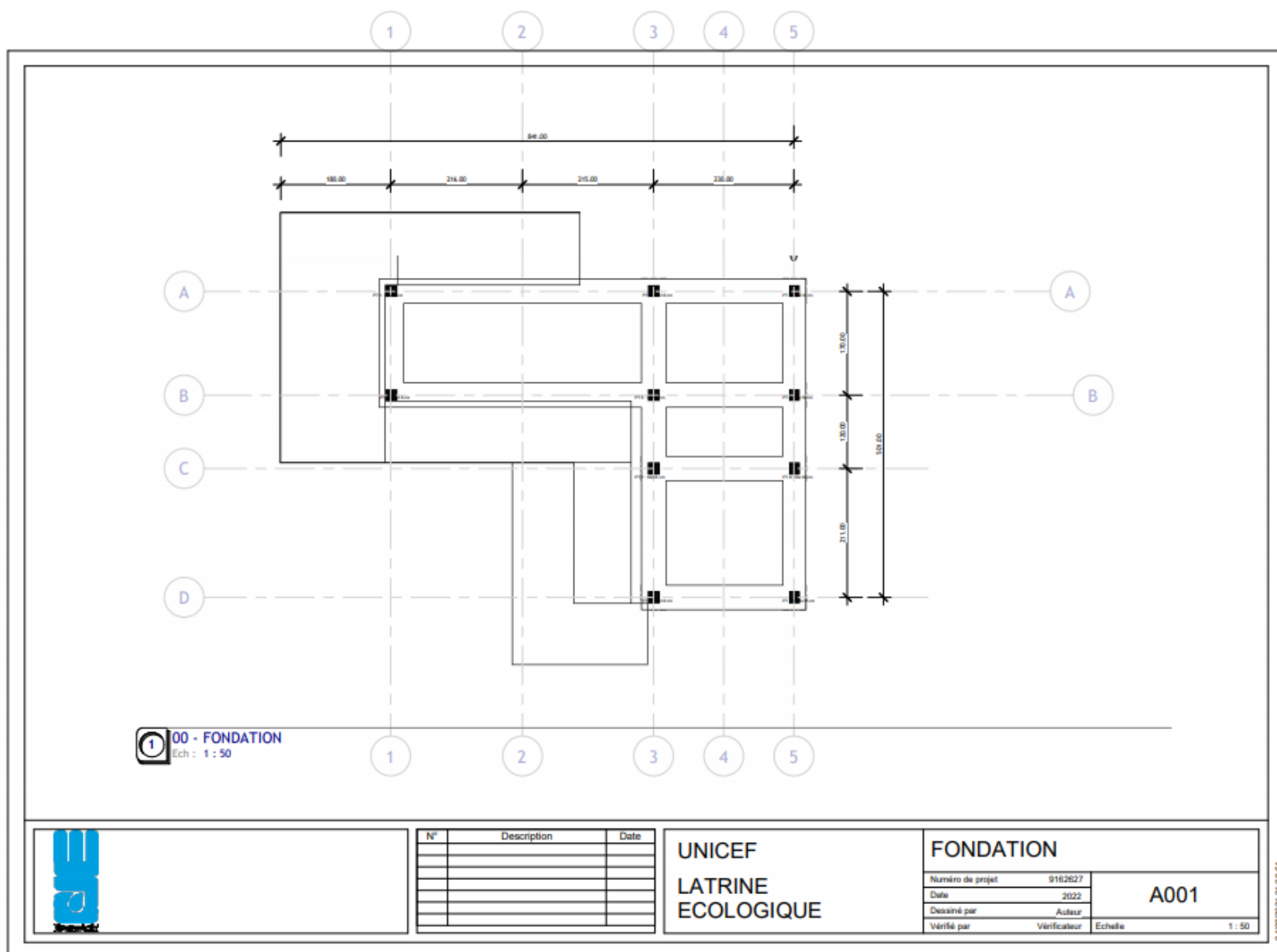


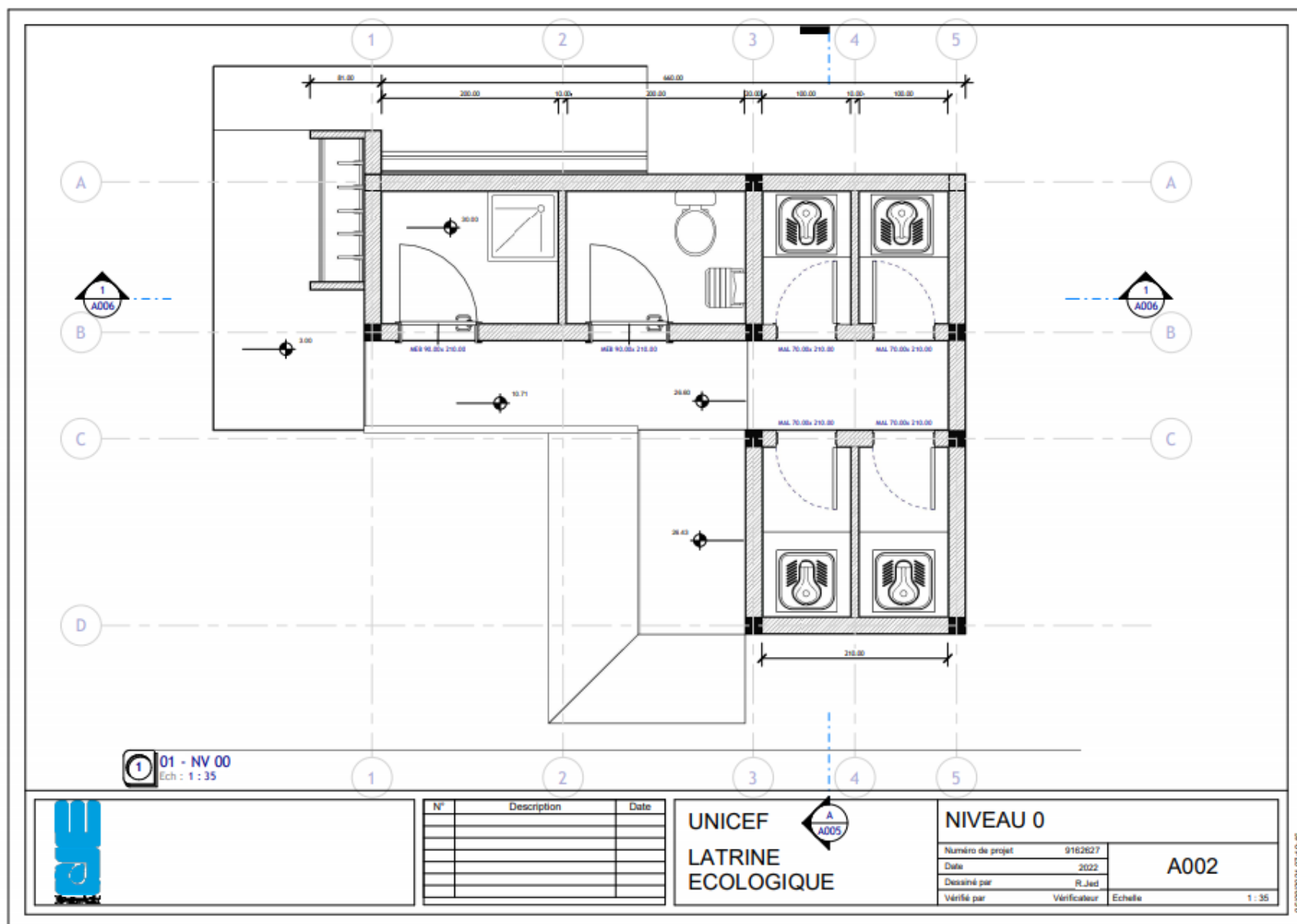


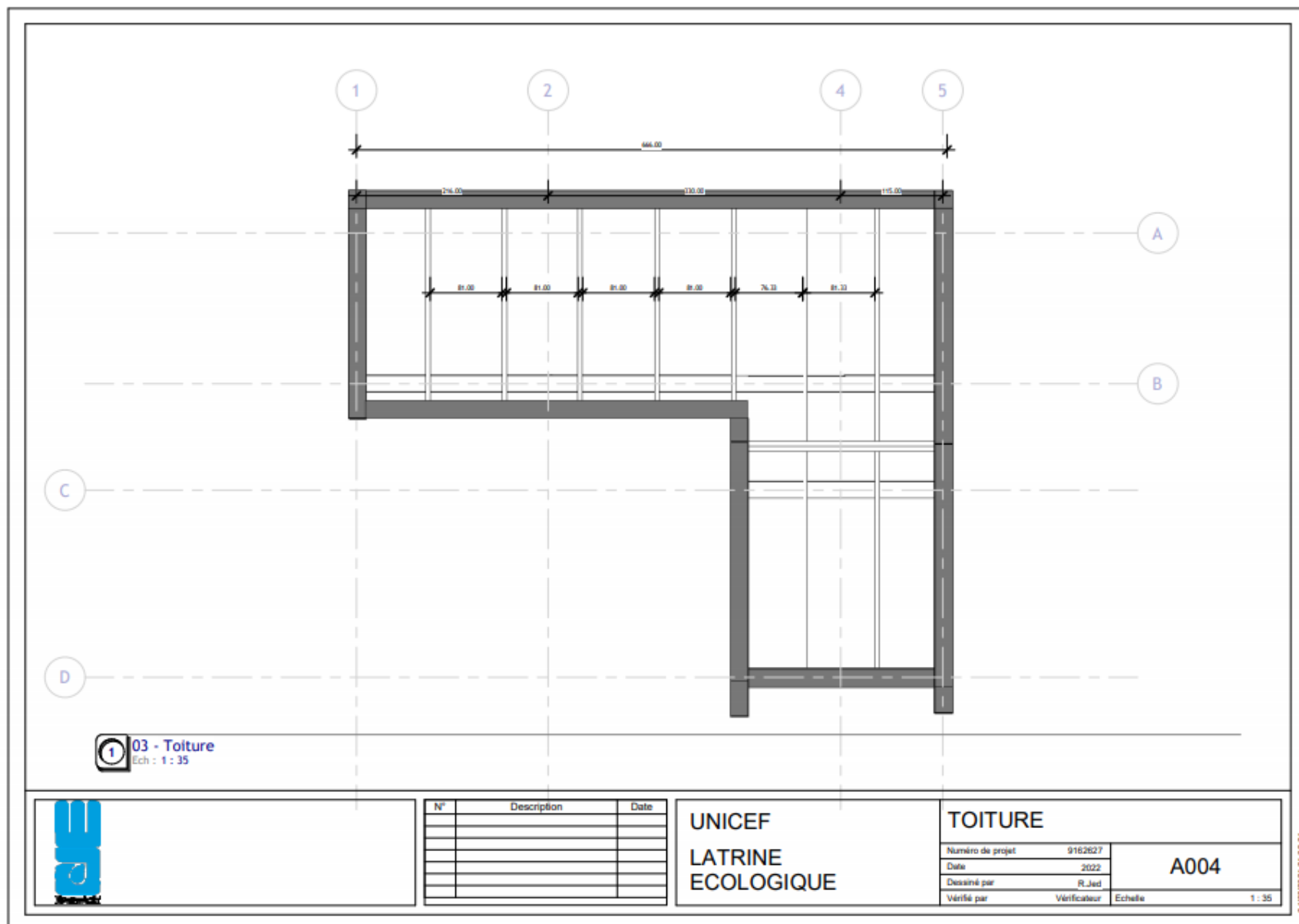


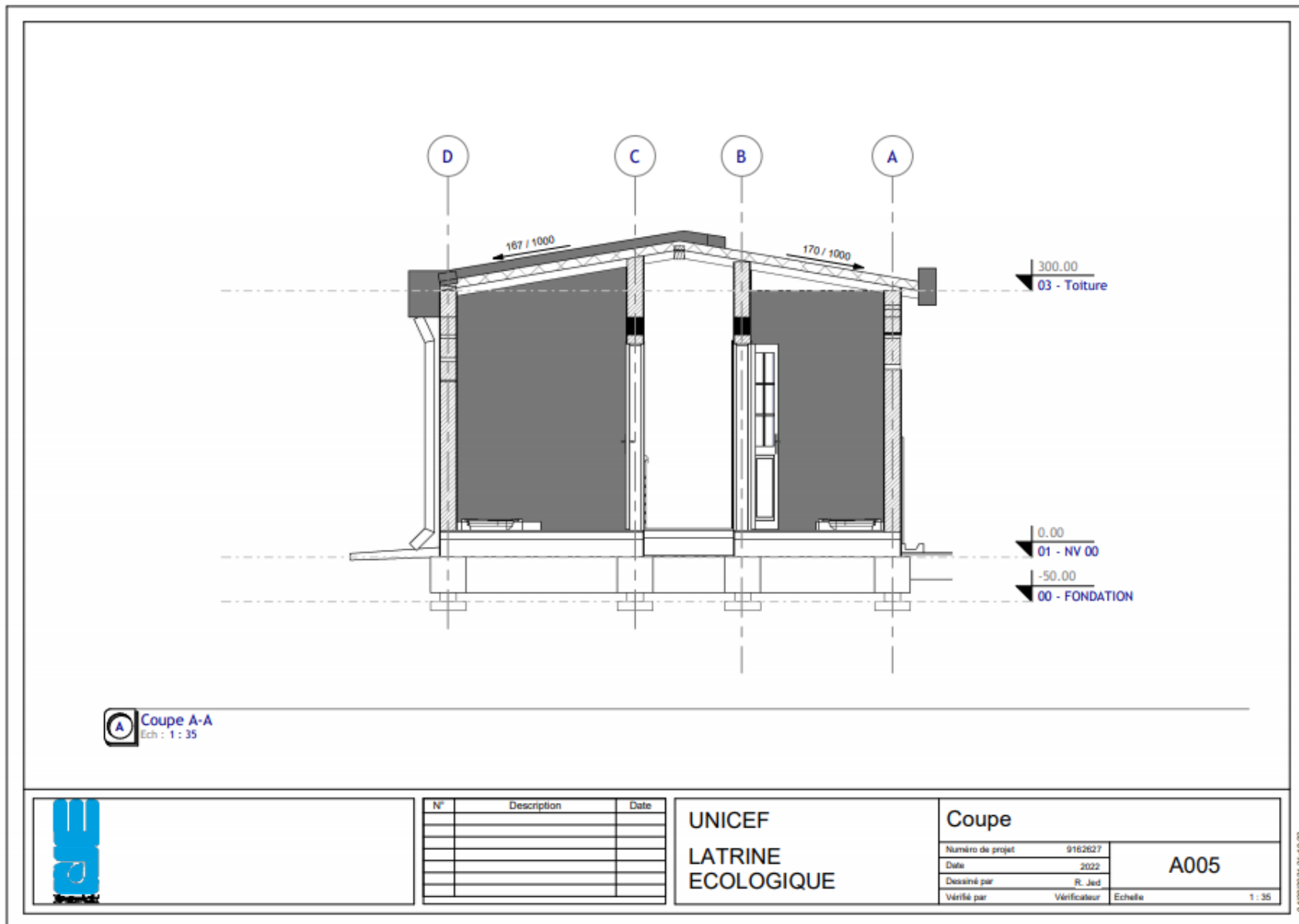


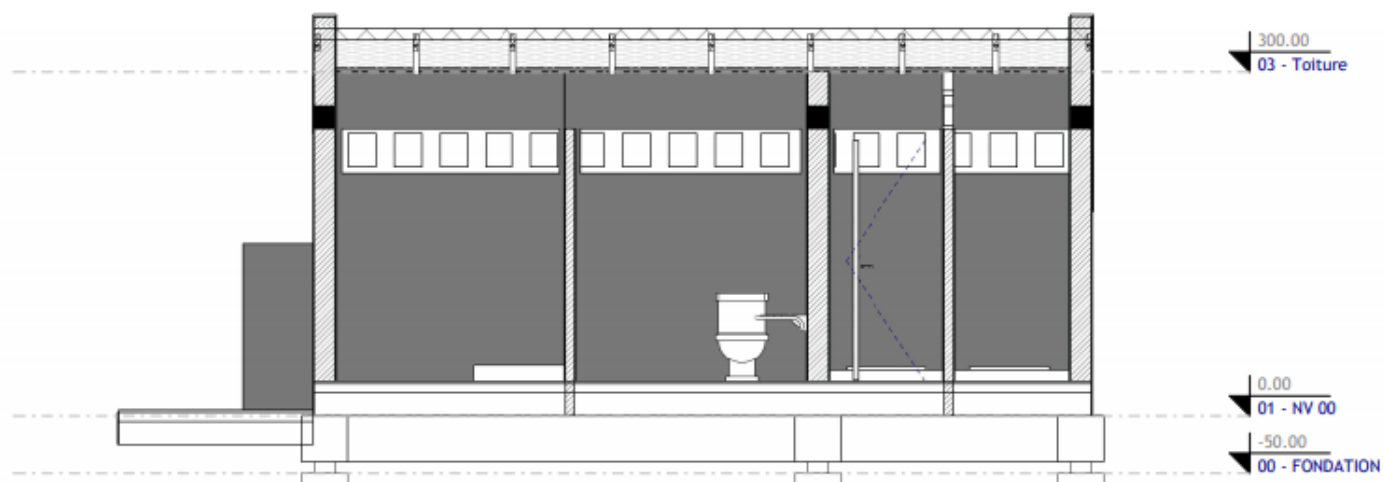












1 Coupe B-B
Ech : 1 : 35



N°	Description	Date

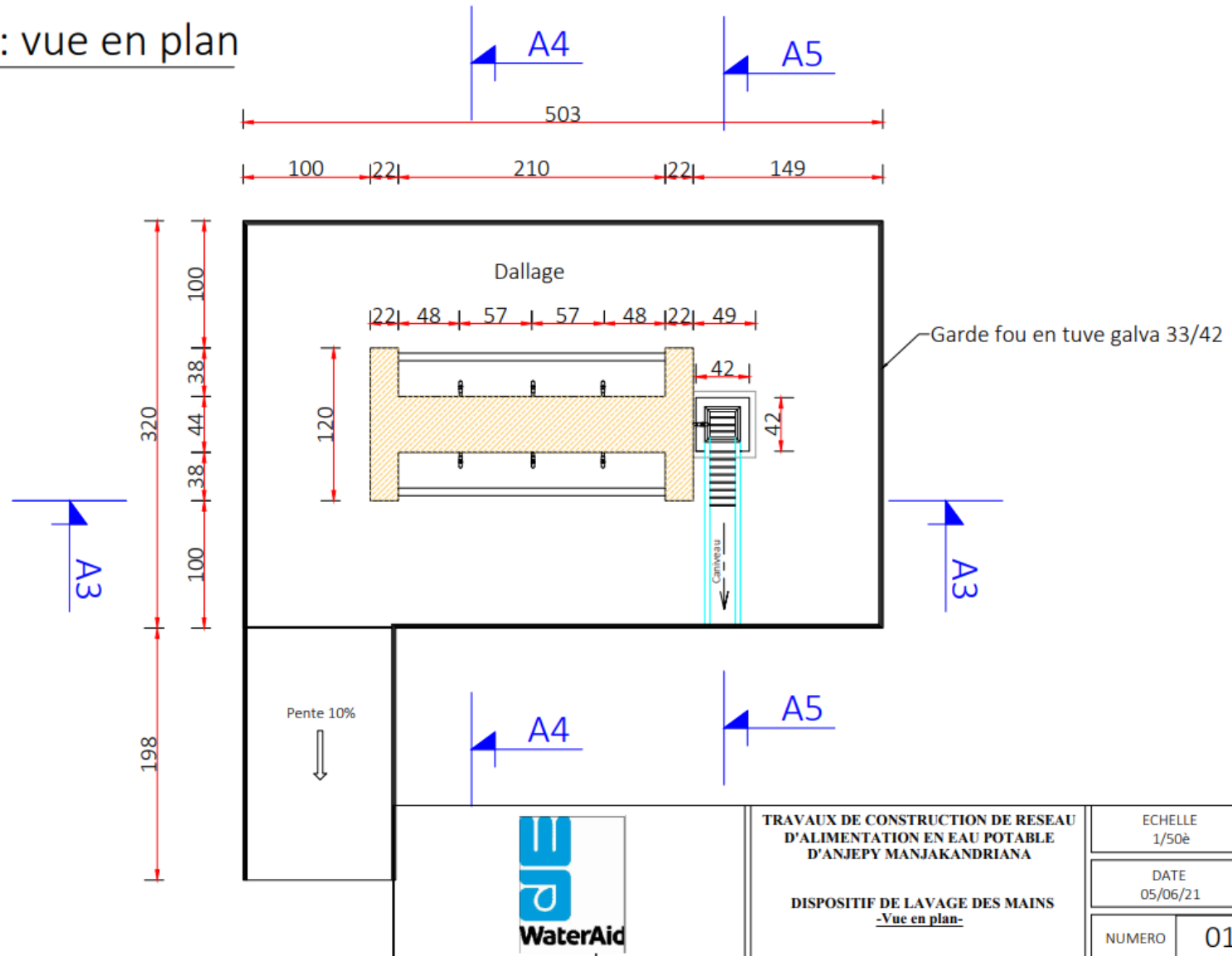
UNICEF
LATRINE
ECOLOGIQUE

Coupe 2-2

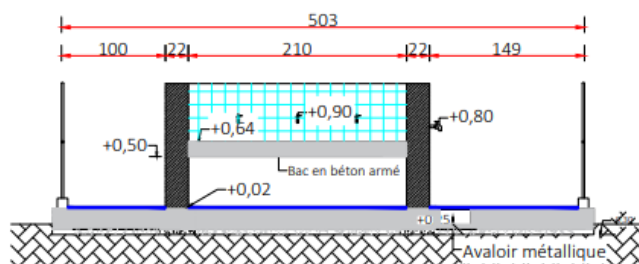
Numéro de projet	9162627	A006
Date	2022	
Dessiné par	Auteur	Echelle
Vérifié par	Vérificateur	
		1 : 35

04/08/2021 21:47:30

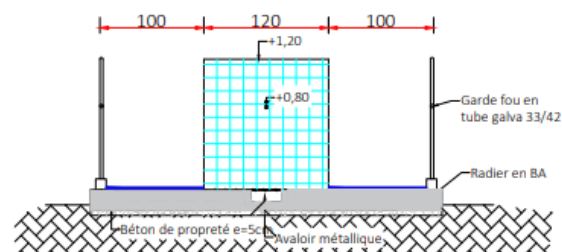
DLM : vue en plan



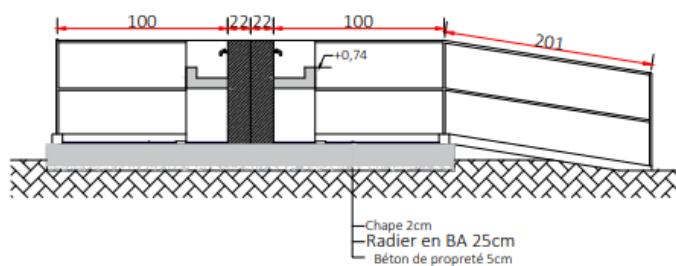
COUPE A3



COUPE A5



COUPE A4



TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

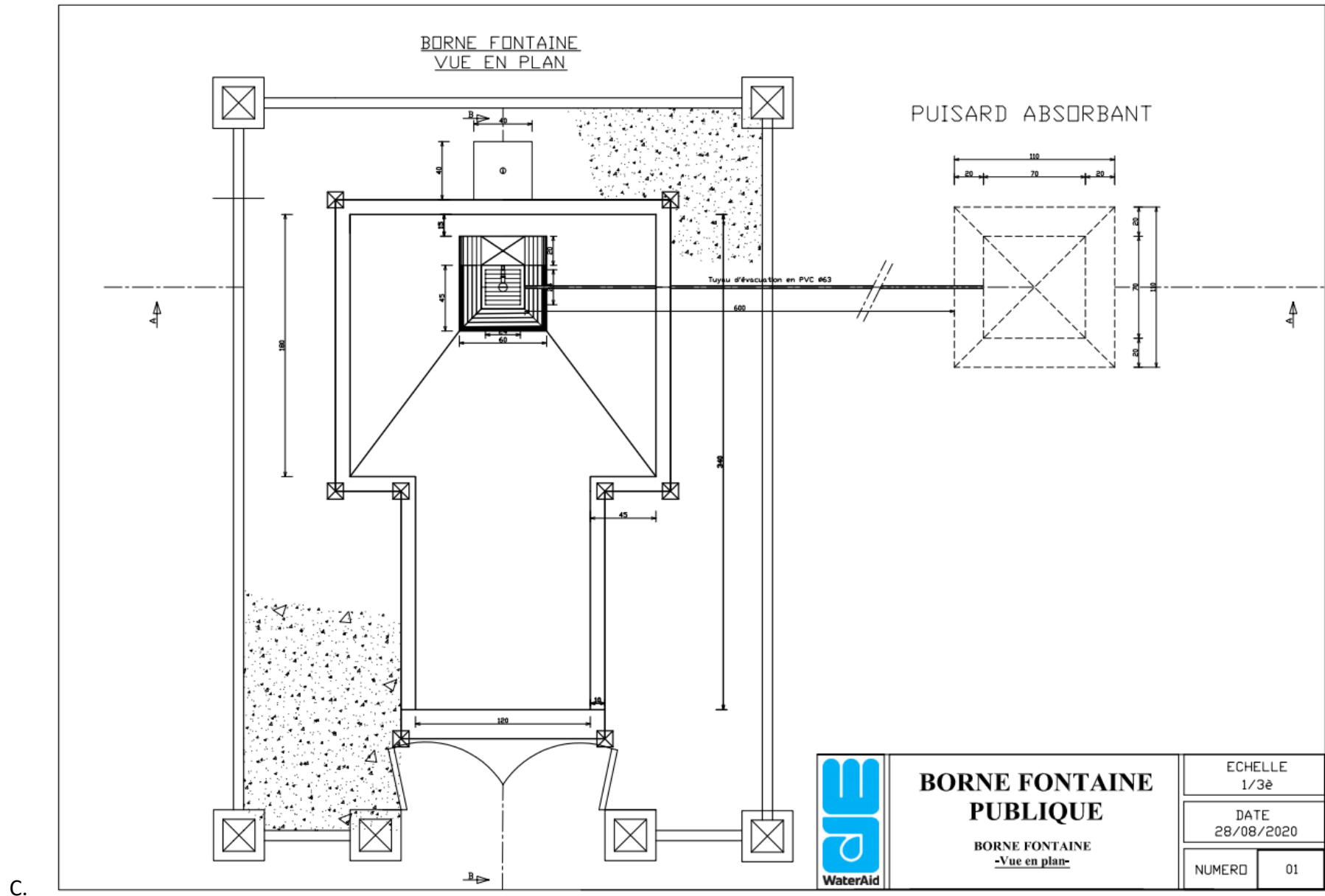
DISPOSITIF DE LAVAGE DES MAINS
-Coupe A4-A5-A6-

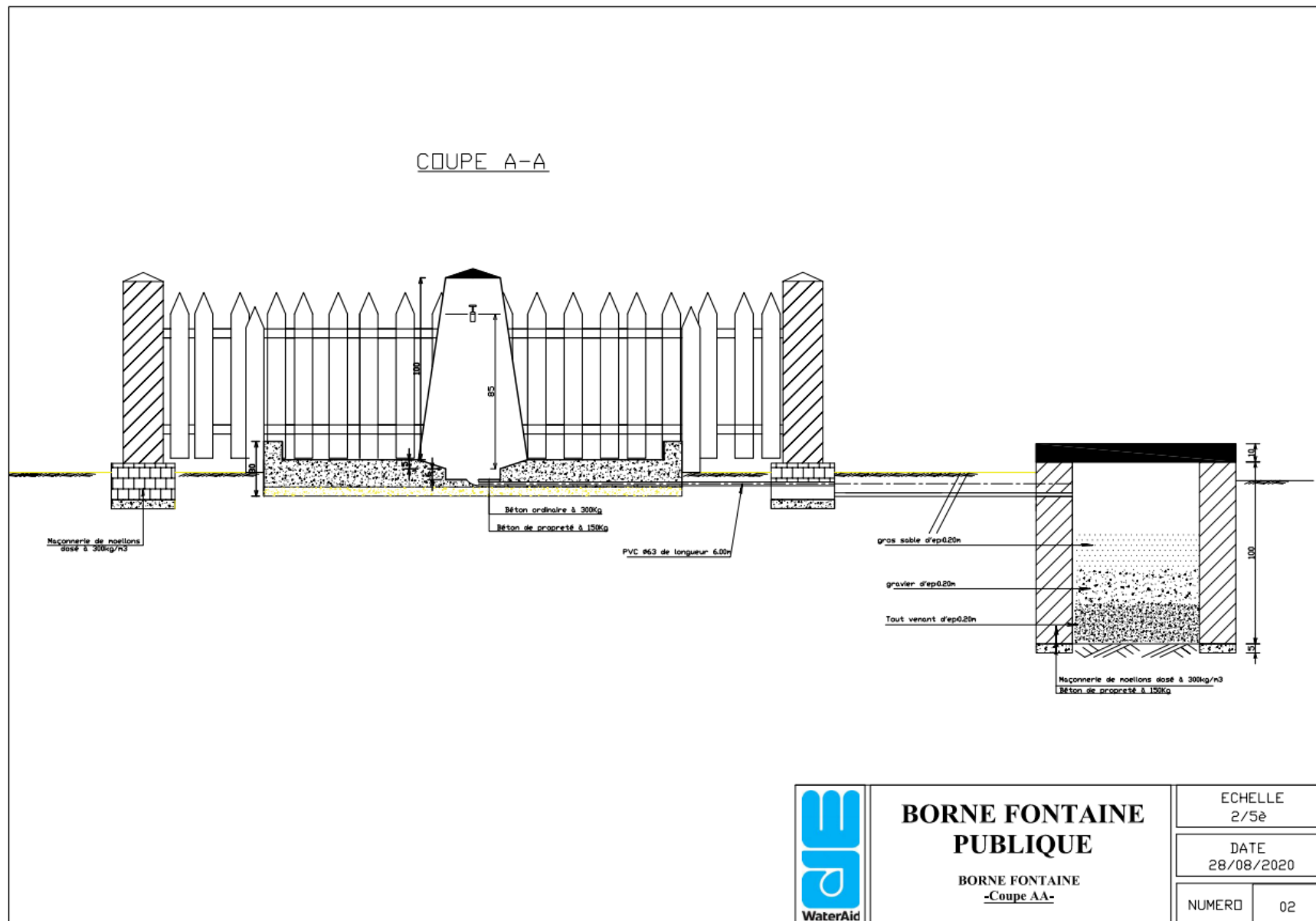
ECHELLE
1/50è

DATE
05/06/21

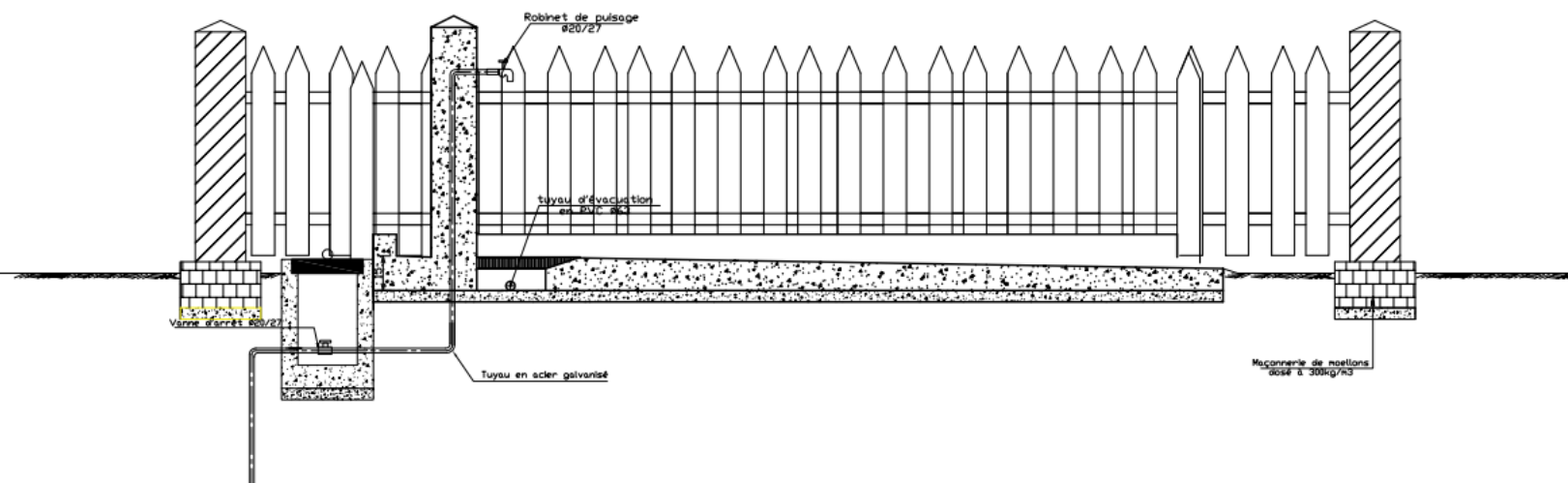
NUMERO

02





COUPE B-B



BORNE FONTAINE PUBLIQUE

BORNE FONTAINE
-Coupe BB-

ECHELLE
2/5è

DATE
28/08/2020

NUMERO 03



TRANSFERT SOURCE 1 VERS FILTRE

Source 1

Filtre

— Terrain naturel
— Projet

PC : 1520.00 m

Numéros des points TN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Altitudes TN	1552.00	1551.00	1550.00	1548.00	1549.00	1547.00	1548.00	1547.00	1547.00	1546.00	1545.00	1544.00	1545.00	1544.00	1543.00	1542.00	1542.00	1532.00	1535.00	1537.00
Distances partielles TN		30.000	29.000	37.000	29.000	28.000	13.000	54.000	30.000	20.000	14.000	33.000	20.000	44.000	55.000	43.000	43.000	74.000	64.000	28.000
Distances cumulées TN	0.000	30.000	59.000	96.000	125.000	153.000	166.000	220.000	250.000	264.000	278.000	297.000	317.000	361.000	416.000	459.000	502.000	576.000	640.000	668.000
Altitudes Projet	1551.00	1550.00	1549.00	1547.00	1548.00	1546.00	1547.00	1546.00	1544.00	1544.00	1543.00	1544.00	1543.00	1542.00	1541.00	1541.00	1541.00	1531.00	1534.00	1536.00

Echelle en X : 1/5000

Echelle en Y : 1/500



TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

TRANSFERT SOURCE 1 VERS FILTRE
-Profil en long-

FORMAT
A4

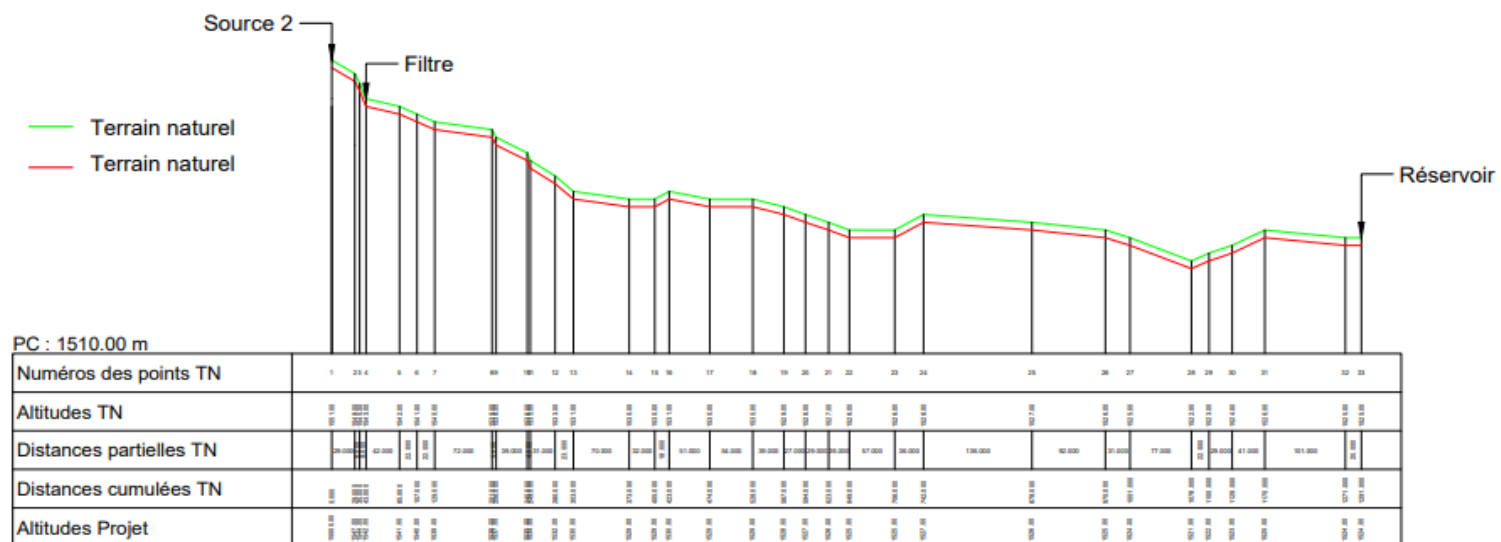
DATE
05/06/21

NUMERO

01



TRANSFERT FILTRE VERS RESERVOIR



Echelle en X : 1/5000

Echelle en Y : 1/500



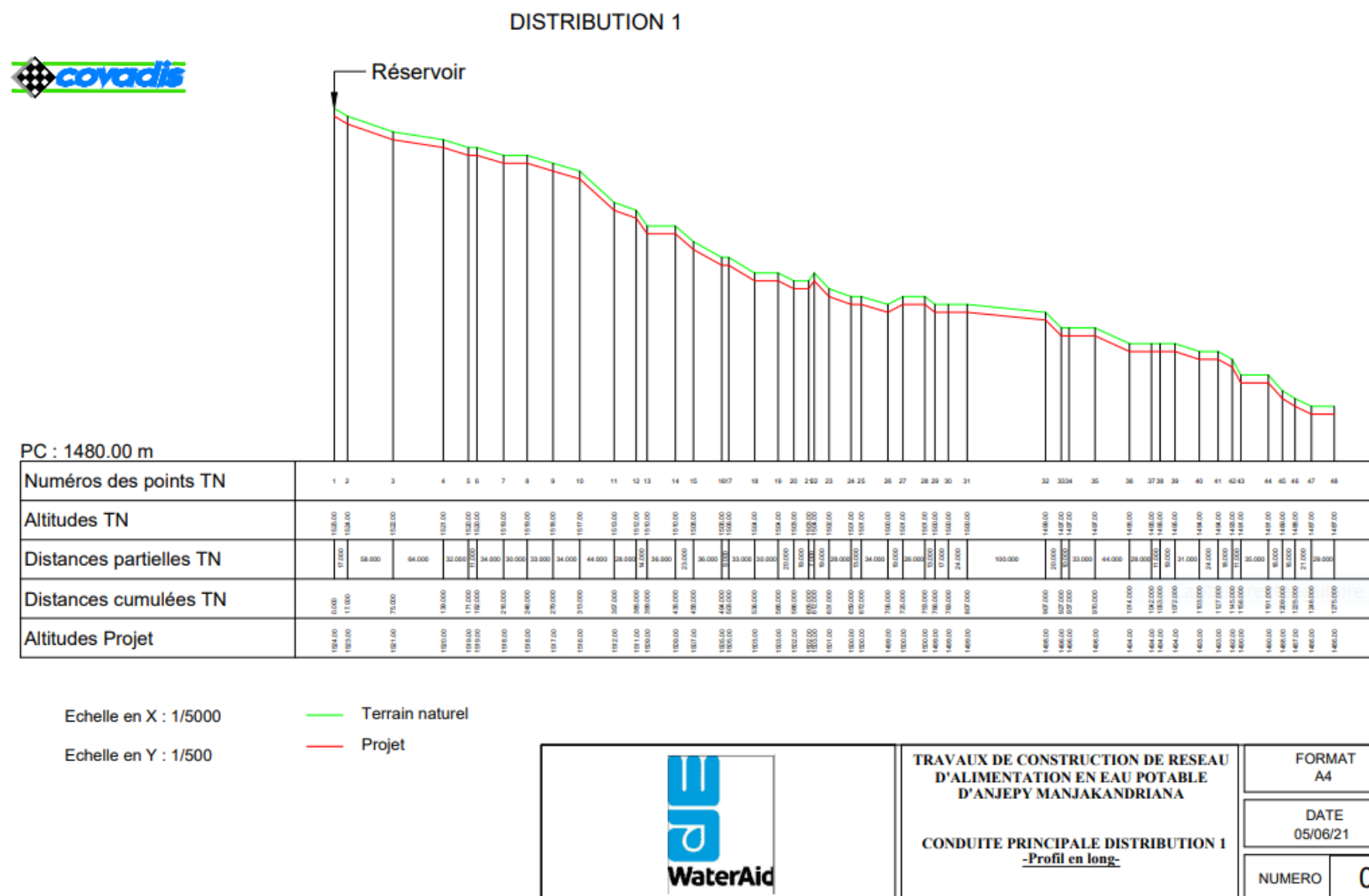
TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

TRANSFERT FILTRE VERS RESERVOIR
-Profil en long-

ECHELLE
1/500

DATE
05/06/21

NUMERO 02





DISTRIBUTION 2

Reservoir

— Terrain naturel
— Projet

PC : 1490.00 m

Numéros des points TN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Altitudes TN	1525,00	1524,00	1522,00	1521,00	1520,00	1520,00	1519,00	1519,00	1518,00	1517,00	1513,00	1512,00	1510,00	1510,00	1508,00	1507,00	1507,00	1507,00	1507,00	1507,00	1507,00	1507,00	1506,00	1508,00	1507,00	1507,00	1507,00
Distances partielles TN	17,00	58,00	64,00	32,00	11,00	34,00	30,00	33,00	34,00	44,00	28,00	14,00	36,00	23,00	36,00	30,00	21,00	25,00	36,00	11,00	54,00	27,00	23,00	43,00	26,00	13,00	
Distances cumulées TN	0,00	17,00	75,00	139,00	171,00	182,00	216,00	246,00	279,00	313,00	357,00	385,00	399,00	435,00	458,00	494,00	524,00	549,00	585,00	596,00	650,00	677,00	700,00	743,00	769,00	782,00	
Altitudes Projet	1534,00	1523,00	1521,00	1520,00	1519,00	1519,00	1518,00	1518,00	1517,00	1516,00	1512,00	1511,00	1509,00	1509,00	1508,00	1507,00	1506,00	1506,00	1506,00	1506,00	1506,00	1504,00	1507,00	1506,00	1506,00	1506,00	

Echelle en X : 1/5000

Echelle en Y : 1/500



TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE RESEAU
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
D'ANJEPY MANJAKANDRIANA

CONDUITE PRINCIPALE DISTRIBUTION 2
-Profil en long-

FORMAT
A4

DATE
05/06/21

NUMERO 04

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	I
DECLARATION SUR L'HONNEUR.....	II
SOMMAIRES	III
LISTE DES ABREVIATIONS	IV
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES CARTES.....	VI
LISTE DES PHOTOS	VI
LISTE DES ANNEXES.....	VI
LISTE DES TABLEAUX	VI
INTRODUCTION	1
CHAPITREI. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE.....	3
I.1. HISTORIQUE DE LA VILLE	3
I.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE	4
I.2.1. LOCALISATION DE LA ZONE D'INTERVENTION.....	4
I.2.2. DEGRE D'ACCESSIBILITE.....	7
I.3. DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE	7
I.3.1. RELIEF ET VEGETATION	7
I.3.2. CLIMAT.....	8
I.3.3. HYDROGRAPHIE :	9
I.3.4. GEOLOGIE :	10
I.3.5. DEMOGRAPHIE :	11
CHAPITREII. ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE.....	13
II.1. NTRODUCTION	13
II.2. DEROULEMENT DE L'INTERVENTION	13
II.2.1. LISTE DES PERSONNES RENCONTRÉES :	13
II.2.2. METHODE D'INTERVENTION :	13
II.3. SITUATION SOCIO-ECONOMIQUE ACTUELLE DE LA COMMUNE.....	14
II.3.1. ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES :	14
II.3.2. L'AGRICULTURE :	14
II.3.3. L'ÉLEVAGE :	14
II.3.4. LE COMMERCE :	15
II.3.5. AUTRES ACTIVITÉS :	15
II.3.6. INFRASTRUCTURES SOCIO-ÉCONOMIQUES DE BASE :	15
II.4. FOKONTANY CONCERNES PAR LE PROJET	20
II.4.1. DESCRIPTION DES OUVRAGES D'AEP EXISTANT	20
II.4.2. ORIGINES DES PROBLEMES.....	24
II.4.3. DIAGNOSTIC ET SOLUTIONS ENVISAGÉES	25
II.4.4. TAUX D'ACCES A L'EAU POTABLE	25
II.4.5. GESTIONS DES POINTS D'EAU ET TARIFICATION	26
II.4.6. ACCES A L'ASSAINISSEMENT	26

II.5. PROBLEMES EVOQUES ET DESIDERATA DES BENEFICIAIRES.....	27
II.5.1. PROBLEMES EVOQUES EN TERMES D'ACCES EN EAU POTABLE :.....	27
II.5.2. DESIDERATA DES BENEFICIAIRES :.....	27
II.6. RESULTATS DES ENQUETES AU NIVEAU DES MENAGES.....	28
II.6.1. CARACTERISTIQUES DES MENAGES :.....	28
II.6.2. SITUATION D'ACCES A L'EAU POTABLE	31
II.6.3. SITUATION A L'ACCES A L'ASSAINISSEMENT :	37
II.6.4. PRATIQUE D'HYGIENE :.....	38
II.6.5. EVALUATION CONTINGENTE DE LA DEMANDE :	40
CHAPITREIII. ETUDE DE BASE POUR LA CONCEPTION DES OUVARGES	43
III.1. INTRODUCTION	43
III.2. OBJECTIF D'INTERVENTION	43
III.3. RESSOURCES EN EAU A MOBILISER.....	43
III.4. ETUDE DE BESOIN EN EAU DE LA POPULATION	45
III.4.1. POPULATION DESSERVIE :	45
III.4.2. EVALUATIONS DES BESOINS EN EAU DE LA POPULATION :.....	46
III.5. POTENTIALITE DES RESSOURCES EN EAU	48
III.5.1. BASSIN VERSANT :	49
III.5.2. BILAN HYDRIQUE DE LA NAPPE	49
III.6. ADEQUATION RESSOURCES-BESOINS	54
III.7. ANALYSES DE L'EAU.....	55
III.7.1. NORMES DE POTABILITE DE L'EAU :	55
III.7.2. ANALYSE DE L'EAU DANS LE MILIEU RURALE	57
CHAPITREIV. ETUDES TECHNIQUES D'AMENAGEMENT	59
IV.1. OBJECTIF.....	59
IV.2. CHOIX DES INSTALLATIONS	59
IV.3. HYPOTHESES DE CONSTRUCTION DU SYSTEME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE.....	59
IV.3.1. OUVRAGE DE CAPTAGE	59
IV.3.2. UNITE DE TRAITEMENT	61
IV.3.3. RESERVOIR.....	62
IV.3.4. LES CONDUITES	65
IV.3.5. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT DE LA CONDUITE.....	69
IV.3.6. RESEAU DE DISTRIBUTION.....	70
IV.3.7. POINTS DE DISTRIBUTIONS.....	71
IV.4. DESCRIPTION DE L'AMENAGEMENT A REALISER	71
IV.5. CONSISTANCE D'AMENAGEMENT.....	72
IV.6. PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT ET DE CALAGE DES OUVRAGES	73
IV.7. RECONNAISSANCES TOPOGRAPHIQUES	74
IV.8. CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS OUVRAGES	74
IV.8.1. OUVRAGE DE CAPTAGE	74
IV.8.2. RESERVOIR.....	76
IV.8.3. BASSIN DE FILTRATION	78
IV.8.4. CANALISATIONS.....	81
IV.9. POINTS DE DISTRIBUTIONS	84

IV.9.1. BORNES FONTAINES	84
IV.9.2. ASSAINISSEMENT	85
CHAPITRE V. SIMULATION DU RESEAU SUR EPANET 2.0	86
V.1. INTRODUCTION	86
V.2. MANIPULATION DU LOGICIEL	86
V.2.1. DONNEES DE BASE POUR LA SIMULATION	86
V.2.2. LES ETAPES DE L'UTILISATION D'EPANET	86
V.2.3. SIMULATION HYDRAULIQUE DU RESEAU D'ANTANETIBE SUD ET d'Ambodivona	94
CHAPITRE VI. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DU PROJET	97
VI.1. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL	97
VI.1.1. GENERALITES	97
VI.1.2. DESCRIPTION DU PROJET ET DE LA ZONE D'INTERVENTION	97
VI.1.3. DETERMINATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	102
VI.1.4. MESURES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT	107
VI.1.5. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE	108
VI.1.6. OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS	112
VI.1.7. SURVEILLANCE ET SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT	113
VI.2. ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET	113
VI.2.1. DEVIS QUANTITATIF :	113
VI.2.2. DEVIS ESTIMATIF :	113
VI.2.3. APPORT BENEFICIAIRE	115
VI.2.4. ETUDE DE RENTABILITE DU PROJET PAR AFFERMAGE :	115
CONCLUSION	123
BIBLIOGRAPHIE	124
ANNEXES	A1
TABLE DES MATIERES	A

Titre du mémoire : « CONTRIBUTION A L'ETUDE DE RENFORCEMENT DU SYSTEME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE, DE L'ASSAINISSEMENT ET HYGIENE DES FOKONTANY D'AMBODIVON ET D'ANTANETIBE SUD DE LA COMMUNE RURALE ANJEPY DISTRICT MANJAKANDRIANA »

Auteur : RASOLONIAINA Nirina Pascal

Nombre de pages : 115

Nombre de figures : 32

Nombre de photos : 08

Nombre de tableaux : 44

Nombre d'annexes : 10

RESUME

Les Fokontany d'Ambodivona et d'Antanetibe Sud disposent d'un système d'alimentation en eau potable gravitaire depuis 1988. Actuellement, il n'arrive plus à couvrir le besoin croissant de la population à cause de la vétusté du système d'adduction d'eau et d'insuffisance des infrastructures qui entrainera des impacts négatifs sur la santé publique et le développement socio-économique du village. Ce mémoire de fin d'étude contribue à la résolution de ces problèmes. Il consiste à réaliser les études techniques détaillées y concernant afin d'améliorer et de renforcer le système d'adduction d'eau potable, d'assainissement et la pratique d'hygiène des localités en question. Cette même étude nous a permis de proposer des ouvrages adéquats au système. Afin de garantir le bon fonctionnement de l'approvisionnement en eau potable et la pérennisation des infrastructures dans ces différents villages, le mode de gestion adopté pour ce projet est la gestion communautaire.

Mots clé : adduction d'eau potable, assainissement, ressource, besoin journalier, gestion

SUMMARY

The Fokontany of Ambodivona and Antanetibe Sud has had a gravity-fed drinkable water supply system since 1988. Currently, it can no longer meet the growing needs of the population. This is caused by the dilapidated water supply intake and the insufficient infrastructure which will have negative impacts on public health and the socio-economic development of the village. This end of study dissertation contributes to solving these problems. It consists of carrying out detailed technical studies in order to improve and strengthen the drinkable water supply system, sanitation and the hygiene practice of the concerned Fokontany. This study itself enabled us to propose suitable works for the system. In order to ensure the proper functioning of the drinkable water supply and the sustainability of infrastructure in these different villages, the management method adopted for this project is community management.

Keywords: drinkable water supply, sanitation, resource, daily need, management.

Directeur de mémoire : RANDRIAMAHERISOA Alain

Adresse de l'auteur : Lot K5 120ter Ivato Aéroport

E-mail : najainapascal@gmail.com

Contact : 034 48 253 33