



ETUDE DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE ATI AU TCHAD

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES**

Présenté et soutenu publiquement le 28 Octobre 2015 par
MAHAMAT Goni Mahamat

Travaux dirigés par :

Dr. Pascal BIEUPOUDE (Directeur régional CIRA SA)

M. Bega OUEDRAOGO (Enseignant 2iE Ouagadougou)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Kouawa TADJOUA

Membres et correcteurs : Bega OUEDRAOGO

Moussa FAYE

Kouawa TADJOUA

Promotion [2014/2015]

REMERCIEMENTS

Je remercie et rends grâce à Allah le tout puissant, à son prophète Mohamed (PSL).

Ce travail est l'aboutissement de beaucoup d'effort. Grâce aux soutiens et conseils de plusieurs personnes que j'ai pu parvenir à achever ce travail.

Mes remerciements vont particulièrement à mon maitre de stage **Pascal BIEUPOUDE** et à mon encadreur **Bega OUEDRAOGO** pour leurs soutiens, proposition d'organisation, et méthodologie .Il n'ont ménagé aucun effort pour la réalisation de ce travail.

Par ailleurs, je remercie tout particulièrement le chef de mission du projet monsieur **INNOCENT Laousse** et le sociologue **OUEDRAOGO Mamadou** qui m'ont aidé dans le cadre de ce travail.

Un grand merci à mes parents particulièrement à ma chère mère **BILLAH Adoum** pour leur bénédiction, leur soutien et leur amour inconditionnel.

Je remercie également mes très chers grands frères **CHANKO Goni** et **AHMAT Goni** pour leurs soutiens indéfectibles tout au long de mes études.

Je remercie vivement tous les professeurs de 2IE qui ont eu à intervenir de près ou de loin dans notre formation et pour la qualité de l'enseignement dispensé.

Un grand remerciement à tous les collègues de la Promotion.

A la fin de cette œuvre, nous tenons à signifier toute notre gratitude à toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de notre formation.

RESUME

L'eau, source de vie est un besoin vital pour tout être humain. L'apport de cette ressource aux populations nécessite la réalisation d'infrastructures hydrauliques telles que les réseaux d'adduction d'eau potable.

Ati est l'une des douzièmes (12) ville du Tchad. Elle se situe dans une zone sédimentaire, regorgeant d'importante réserve d'eau souterraine. Malgré ces réserves d'eau, la population est confrontée à un manque d'accès à l'eau potable.

Cette situation s'explique par l'absence des infrastructures hydrauliques adéquates.

Ati est alimentée par un château d'eau de volume 150 m^3 et quelques forages.

Vu l'accroissement rapide de la population, ces ouvrages deviennent insuffisants pour l'approvisionnement en eau potable.

C'est dans cette optique que le Ministère de l'hydraulique rurale et urbaine (MHRU) a reçu un financement offert par l'union européenne dans le cadre de l'initiative OMD pour la construction et la mise en marche d'adduction d'eau potable.

Le présent mémoire, intitulé « Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad » est consacré à une étude détaillée du système d'adduction d'eau potable dans cette ville. Pour y parvenir, la démarche faite dans le cadre de cette étude est la suivante :

- ✓ Evaluation des besoins en eau de la population ;
- ✓ Dimensionnement du réseau d'AEP ;
- ✓ Evaluation du coût de réalisation du projet ;
- ✓ Proposition d'un mode de gestion de l'eau.

Dans cette étude nous avons six (6) forages alimentant un réservoir surélevé de 1000 m^3 . Ce réservoir alimentera une conduite de distribution de 18635 mètres linéaires. La demande moyenne journalière en eau pour la population de 27070 habitants serait de **$1993,51 \text{ m}^3/\text{j}$** avec un débit horaire de pointe de **$207,66 \text{ m}^3/\text{h}$** .

Le coût global de cette étude toutes taxes comprises s'élève à sept cent vingt millions deux cent soixante-quatorze-mille neuf cent soixante-dix-huit franc (720 274 978 FCFA) et le mètre cube d'eau sera vendu à trois cent quatre-vingt franc FCFA (380Fcfa).

Mots clés : eau potable, forage, réseau, gestion, coût du projet

ABSTRACT

Water for Life is a vital need for every human being. The contribution of this resource to the population requires the completion of water infrastructure such as potable water systems.

The town of Ati, a second (12) city of the Republic of Chad, is in a sedimentary area, full of important groundwater reserves. Despite these water reserves, the population is facing a lack of access to clean water.

This is explained by the absence of adequate water infrastructure to exploit groundwater.

Ati is fueled by a volume of 150 m³ water tower and some drilling.

Given the rapid population growth, these structures become inadequate to supply drinking water.

It is in this context that the Ministry of Rural and urban water (MHRU) received funding from the European Union in the framework of the MDG initiative for the construction and start-up supply of drinking water from the town of Ati.

This memo, entitled "Study of the drinking water supply system for the town of Ati in Chad" is devoted to a detailed study of the drinking water supply system in the city. To achieve this, the approach made in this study is as follows:

- Assessment of the water requirements of the population;
- Dimensionning the drinking water supply network;
- Evaluation of the project implementation cost;
- Proposed water management mode ;

In this study we have six (6) holes feeding an elevated tank of 1,000 m³. This tank will supply a distribution pipe of 18635 linear meters. The average daily water demand for the population of 27070 inhabitants would 1993.51 m³ / d with peak hourly flow of 207.66 m³ / h.

The overall cost of this study included all taxes amounted to seven hundred twenty million 274-1000 nine hundred seventy-eight francs (720 274 978 CFA Francs) and the cubic meter of water will be sold to three hundred four to twenty francs (380 CFA Francs).

Key words: potable water; network; management.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	i
RESUME.....	ii
ABSTRACT	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1: PRESENTATION DU PROJET	3
I.1 CONTEXTE GENERAL	3
I.1.1 Contexte du projet.....	3
I.2 PROBLEMATIQUE.....	4
I.3 OBJECTIFS	4
I.3.1 Objectif global	4
I.3.2 Objectifs spécifiques	4
I.4 METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	5
I.4.1 Phase de revue bibliographique et analyse documentaire.....	5
I.4.2 Collecte des données complémentaires	5
I.4.3 Travail de bureau	5
I.4.4 Phase de rédaction de rapport	5
I.5 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	6
I.5.1 Situation géographique	6
I.5.2 Climat et relief	6
I.5.3 Hydrographie	7
I.5.4 Sols et Végétations.....	7

I.5.5 Aspect Socio-économique	7
I.5.6 Equipements de desserte en eau.....	8
I.5.7 Etats des lieux des ouvrages existants	8
CHAPITRE 2: SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE	12
II.1 EVALUATION DES BESOINS EN EAU	12
II.1.1 Estimation de la population à l'horizon 2025.....	12
II.2.2 Répartition des consommations par type de branchement	12
II.2.3 Consommations spécifiques	13
II.2.4 Choix de coefficient de pointe.....	13
II.2 DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS OUVRAGES HYDRAULIQUES.....	21
II.2.1 Différents éléments du réseau.....	21
II.2.2 Nature des conduites.....	21
II.2.3 Le mode de distribution, structure et tracé du réseau	21
II.2.4 Equipements du réseau de distribution.....	22
II.2.5 Equipements annexes	22
II.2.6 Dimensionnement du réservoir.....	22
II.3 MODELISATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION DE LA VILLE DE ATI	27
II.4 DIMENSIONNEMENT DE CONDUITE DE REFOULEMENT	32
II.5 CHOIX DE POMPE IMMERGEE ET GROUPE ELECTROGENE	37
II.5.1 Pompes immergées	37
II.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale	38
CHAPITRE 3 : MODE DE GESTION DU SYSTEME DE L' AEP	42
III.1 SITUATION ACTUELLE DU SYSTEME D' AEP DE ATI	42
III.2 BUT DE LA GESTION	42
III.2.1 Affermage.....	42
III.2.2 Concession	43
III.2.3 Gérance.....	43

III.2.4 Régie.....	43
III.2.5 Gestion communautaire.....	43
CHAPITRE 4: COUT DU PROJET ET DU PRIX DE L'EAU	46
IV.1 LE COUT DU PROJET	46
IV.2 DÉTERMINATION DU PRIX DE L'EAU	46
CONCLUSION	50
BIBLIOGRAPHIE	52
ANNEXES	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Caractéristiques de forages de Ati.....	9
Tableau 2: Nombre d'habitants pour différentes horizons	12
Tableau 3: Coefficient de pointe horaire	15
Tableau 4: Récapitulatif des besoins en eau à l'horizon du projet	17
Tableau 5:Repartition horaire des consommations	25
Tableau 6:Détermination du volume de la bâche	25
Tableau 7:Etats des pressions aux nœuds à 6 :00 Heures	31
Tableau 8:Etats de quelques arcs à 6 :00 Heures	31
Tableau 9:Caracteristiques de conduite d'adduction	33
Tableau 10:Carcteristiques de conduite d'adduction	33
Tableau 11:Caracteristiques de conduite d'adduction	34
Tableau 12:Caracteristiques de conduite d'adduction	34
Tableau 13:Caracteristiques de conduite d'adduction	35
Tableau 14:Caracteristiques de conduite d'adduction	35
Tableau 15:Caracteristiques de conduite de refoulement.....	36
Tableau 16: Recapitulatif des diamètres choisis	37
Tableau 17:Calcul de la HMT	38
Tableau 18: Récapitulatif des pompes choisies.....	39
Tableau 19:Limites de mode de gestion.....	44
Tableau 20:Evaluation des charges d'exploitations.....	47
Tableau 21:Evaluation d'annuité des amortissements.....	47
Tableau 22:Calcul du volume d'eau annuel.....	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Situation géographique de la ville de Ati	6
Figure 2 : Tête de forage F4.....	10
Figure 3:Les bornes fontaines	11
Figure 4: Simulation du réseau de Ati.....	30

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AEP	: Alimentation en Eau Potable
AFD	: Agence française de développement
AUE	: Association des usagers de l'eau
BF	: Borne Fontaine
BP	: Branchement Privé
CIRA-SA	: Conseil ingénierie et recherche appliquée
CTD	: Collectivités territoriales décentralisées
DNH	: Direction nationale de l'hydraulique
DN	: Diamètre Nominal
DREM	: Direction des ressources en eau et de la météorologie
FED	: Fond européen de développement
HMT	: Hauteur Manométrique totale
INSEED	: Institut National de la statistique, des Etudes économiques et démographiques
MHUR	: Ministère de l'Hydraulique Urbaine et Rurale
MNCT	: Monographie du centre nord du Tchad
MUHAFD	: Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat, des Affaires Foncières et des Domaines
ND	: Niveau Dynamique
OMD	: Objectif du Millénaire pour le Développement
PAACNT	: Projet aménagement agricole du centre nord du Tchad
PBF	: Population des Bornes Fontaines
PBP	: Population des Branchements Privés
PMH	: Pompe à Motricité Humaine
PN	: Pression Nominale
PVC	: Polychlorure de vinyle
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'habitat
SDEA	: Schémas Directeur de l'Eau et de l'Assainissement
STE	: Société Tchadienne d'Eau

INTRODUCTION

Le Tchad est un pays sahélo-sahélien, classé au 184^{ème} rang mondial sur 186 en matière de développement humain (PNUD, 2013). Il fait partie des pays les plus pauvres du monde, bien qu'il dispose de potentialités importantes. La population estimée à 11.175.915 habitants (RGPH, 2009), est très inégalement répartie sur une superficie de 1.284.000 km².

Le secteur de l'eau et de l'assainissement a longtemps accusé du retard pour des raisons diverses malgré les appuis reçus depuis le 6ème Fonds européen de développement (FED). Il n'a amorcé son vrai démarrage qu'à partir du 8ème FED en faisant l'objet d'une attention particulière de plusieurs bailleurs à travers des projets d'hydraulique villageoise, d'approvisionnement en eau potable de grands centres, d'hydraulique pastorale et d'assainissement. Au cours de la dernière décennie, la majorité des interventions dans le domaine de l'hydraulique a concerné le secteur rural et semi-urbain. Selon le document "Analyse et Perspectives du Secteur Eau et Assainissement, Période 2010-

2015, Estimation pour atteindre les OMD - Ministère de l'Eau, Mai 2011", le taux d'accès à l'eau potable au Tchad est passé de 20,7% en 2000 à 42,9% en 2010. Malgré l'évolution du taux d'accès à l'eau potable pendant les dix dernières années, les indicateurs traduits dans ce document témoignent des besoins en infrastructures dans le secteur de l'eau et de l'assainissement.

Dans le cadre de l'initiative OMD au Tchad, le MHRU et le MUHAFFD ont formulé une proposition conjointe en deux (2) volets.

Le premier volet concerne l'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans six (6) quartiers de la périphérie Est de la ville de N'Djaména que la Société Tchadienne des Eaux (STE) n'arrive pas à desservir. Il s'inscrit dans la continuité de deux projets urbains d'accès à l'eau potable et à l'assainissement mis en œuvre depuis 2001 sur financement de l'Agence Française de Développement (AFD).

Le second volet concerne l'accès durable à l'eau potable et à l'assainissement des populations de six (6) grands centres urbains, hors périmètre STE, (Ati, Beinamar, Danamadji, Guelengdeng, Mangalmé et Massakory) offrant un équilibre géographique de l'intervention sur le Tchad.

En ce qui nous concerne nous nous baserons uniquement sur le volet 2 qui est l'accès à l'eau potable et à l'assainissement des populations de 6 grands centres urbains précisément le cas de la ville de Ati.

C'est dans cette optique que nous traiterons spécifiquement le présent thème intitulé «**Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad** »

L'objectif spécifique du présent projet de fin d'études est de proposer un système d'alimentation en eau potable qui puisse satisfaire, en qualité et en quantité les besoins en eau des consommateurs, conformément au plan de développement national et ceci en dimensionnant tous les ouvrages nécessaires de captage jusqu'au robinet afin d'assurer un débit satisfaisant et une bonne pression pour tous les consommateurs de la ville.

Et enfin une évaluation financière du projet a été proposée.

CHAPITRE 1: PRESENTATION DU PROJET

I.1 CONTEXTE GENERAL

I.1.1 Contexte du projet

L'Etat tchadien a bénéficié d'une subvention d'un montant de 19 millions d'euro soit (12 445 000 000 CFA) offert par l'union européenne pour l'initiative de l'OMD. Dans le cadre de la politique nationale de l'eau et de l'assainissement, le gouvernement prévoit utiliser cette subvention pour construire des infrastructures hydrauliques et améliorer la situation des populations qui souffrent d'un manque d'eau et d'un assainissement adéquat. C'est dans cette optique que le gouvernement a décidé de réaliser des projets d'approvisionnement en eau potable dans 6 villes de l'intérieur du pays (Ati, Mangalme, et Massakory dans le centre nord, et Beinamar, Danamdji, et Guelendeng dans le Sud) afin de desservir en eau la population à l'horizon 2015.

Suite à l'appel d'offre lancé par l'Etat tchadien, pour le recrutement d'un assistant technique, en charge des études complémentaires et du contrôle et supervision desdits travaux, le groupement EGIS-EAU/CIRA a été retenu et travaille avec l'entreprise le ROCHER.

Elle est chargée de : Construction et mise en marche d'adduction d'eau potable de Ati.

I.2 PROBLEMATIQUE

L'accès à l'eau potable et à l'assainissement devient un défi majeur que le gouvernement compte relever. La ville d'Ati dispose d'un réseau d'adduction d'eau potable construit depuis 1997.

La population s'approvisionne à partir des quelques forages réalisés, du château d'eau, des branchements particuliers et quelques pompes à motricité humaine.

Ces forages sont réalisés depuis très longtemps et sont déjà en fin de vie.

Lors de la réalisation du réseau d'eau potable de la ville, la longueur totale de distribution était de 7410 m avec le diamètre DN90 et DN 160.

Le château de 150 m³ était réalisé pour satisfaire la consommation d'une population de 27070 habitants. Compte tenu de l'accroissement galopant de la population ce volume ne couvre pas le besoin en eau de la ville d'Ati.

Une grande partie du réseau est à reprendre, car les canalisations sont sous dimensionnées.

Face à ce problème de manque d'eau et des infrastructures adéquates, il faudra augmenter la capacité de production, réaliser des infrastructures adéquates qui répondent aux normes afin de satisfaire les besoins en eau de la population.

I.3 OBJECTIFS

I.3.1 Objectif global

L'objectif global est de lutter contre la pauvreté par l'amélioration des conditions de vie et de santé des populations à travers un accès étendu, durable et équitable à l'eau potable et à des infrastructures améliorées d'assainissement.

I.3.2 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- ✓ Détermination des besoins en eau de la ville de Ati;
- ✓ Dimensionnement du réseau d'approvisionnement d'eau potable ;
- ✓ Evaluation du coût de réalisation du projet ;
- ✓ Proposition d'un mode de gestion de l'eau.

I.4 METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Pour la conduite de l'étude, quatre phases ont été identifiées:

I.4.1 Phase de revue bibliographique et analyse documentaire

Cette partie a pour but de bien connaître le contexte d'étude et de mieux cerner la problématique. Les informations par rapport au thème ont été collectées à :

- ✓ la bibliothèque numérique du ZIE
- ✓ la bibliothèque du Ministère de l'Hydraulique Urbaine et Rurale du Tchad ;
- ✓ l'internet.

L'exploitation de cette documentation nous a permis d'avoir une meilleure compréhension sur les études techniques relatives aux systèmes d'AEP en milieu rural et urbain.

Au cours de cette étude nous avons exploité les données de cours du Zie, la base de données du Ministère, les rapports finaux des projets FED, les documents du projet de CIRA.

I.4.2 Collecte des données complémentaires

La visite sur le terrain est effectuée comme suit:

- ✓ entretien avec les personnes responsables de MHUR et les concernées par ce projet ;
- ✓ entretien avec les personnes ressources.

I.4.3 Travail de bureau

L'objet de cette phase est de mettre la lumière sur les termes de référence, l'analyse et la synthèse des informations de la recherche documentaire et le tri des informations obtenues à partir de la recherche documentaire.

I.4.4 Phase de rédaction de rapport

C'est la phase de rédaction finale de mémoire, il s'agit de :

- ✓ faire l'analyse et l'interprétation des données;
- ✓ faire la synthèse des informations issues de la recherche documentaire.

Cette dernière étape nous permettra d'élaborer le mémoire après avoir récolté le maximum d'information sur le thème de notre étude avec notre Directeur de mémoire.

I.5 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.5.1 Situation géographique

Situé au centre du Tchad et à une distance de 350 km de la capitale N'djaména, la ville de Ati à une superficie de 83 60 Km².

Ati se situe à la position des coordonnées géographiques 13°13'00" Nord et 18°20'00" Est.

Elle compte une population de 27 070 habitants et un taux d'accroissement de 2,5% selon l'INSEED. (RGPH, 2009)

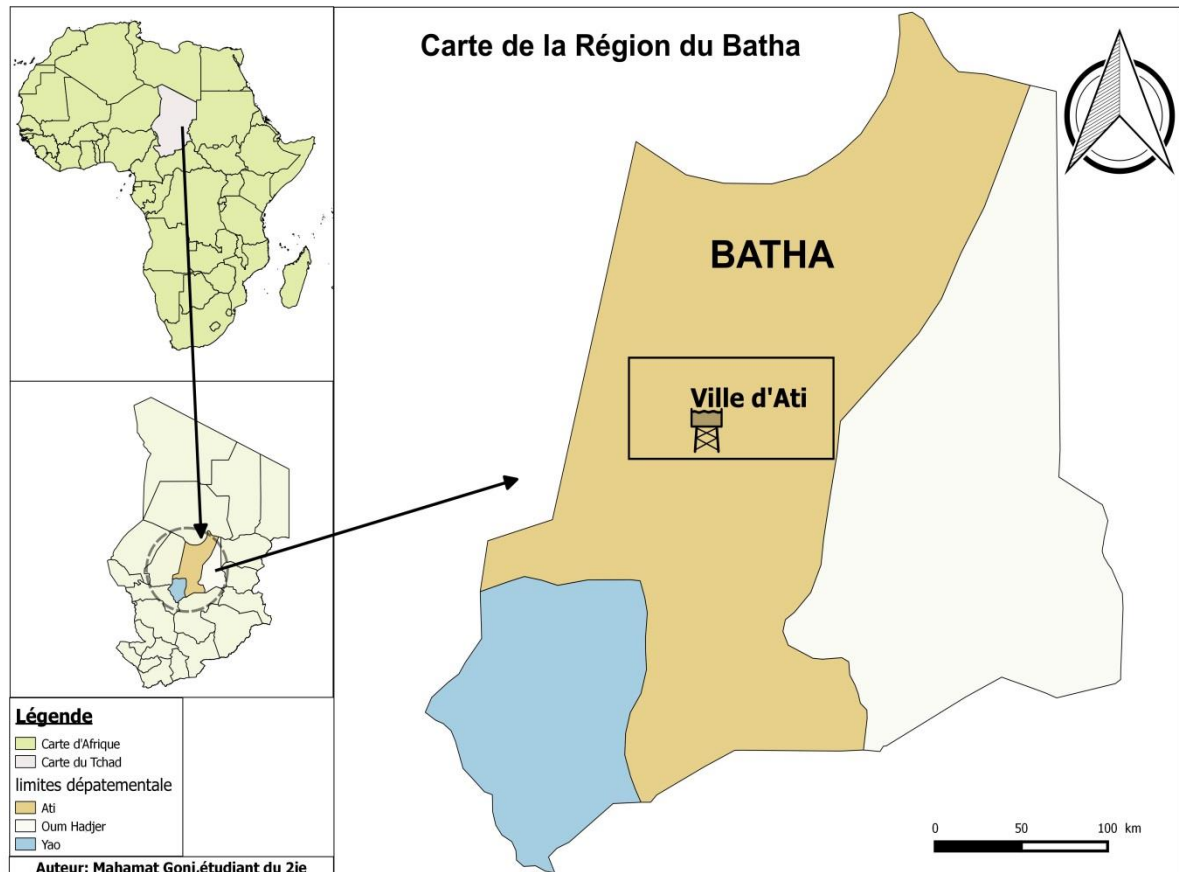


Figure 1: Situation géographique de la ville de Ati

I.5.2 Climat et relief

Le climat est de type subdésertique, saharien au nord et du type semi-aride, sahélien au sud. Les pluies tombent entre juillet et octobre. La saison sèche dure 9 à 10 mois correspondant à 3 périodes: une période humide et chaude de mi-septembre/début octobre à novembre avec montée des températures où il y a une humidité relativement importante; une période sèche et fraîche de décembre à février avec des minimas inférieurs à 10°C; et une période sèche et

chaude de mars à juin/juillet avec des maximas supérieurs à 44°C et une nette montée de l'humidité. La pluviométrie varie de 100mm au Nord et à 500 mm au Sud. Le relief est peu accidenté, on y rencontre des plaines, des chaînes de montagnes, des ravins, des dunes et des bas-fonds. (MNCT, 2009)

I.5.3 Hydrographie

Ati est parcourue par des cours d'eaux qui prennent leurs sources dans les zones montagneuses des régions de Biltine, de l'Ouaddaï et du Guera, à l'Est et au Sud de la région du Batha. Tous les cours d'eau sont globalement de type non permanent et endoréique, dont la durée des écoulements dépend de la variabilité de la pluviométrie et de leur position dans la région. Plus ils sont situés au Nord, plus leur période d'activité est réduite. Les cours d'eau les plus importants sont le fleuve Batha, un fleuve endoréique et temporaire qui prend sa source au Soudan et traverse la région du Ouaddaï; et le lac Fitri, le second plus grand lac du pays est permanent, pouvant s'assécher lors de grandes sécheresses. (MNCT, 2009)

I.5.4 Sols et Végétations

Les sols sont constitués des formations sableuses appelées encore « Goz » en langue locale caractérisés par la prédominance des sols argilo-limoneux compacts ou « Naga » au Nord. Ce sont de grands ensablements dunaires et de grands plateaux à dépressions fermées ou ouadis parfois très rapprochés.

La végétation suit le gradient pluviométrique Nord/Sud et se présente sous la forme de steppes arbustives basses à épineux au Nord, à de steppes arbustives denses à moyennement denses au Sud.

I.5.5 Aspect Socio-économique

La population de Ati compte **27070** habitants selon le recensement de 2009. L'activité dominante est l'élevage. L'agropastorale détient aussi une part importante dans l'économie de la ville. La population urbaine reste très faible à l'image de celle du pays qui est également très faible (22%).

Sur le plan économique Ati regorge d'énormes potentialités agricoles et pastorales sous exploitées. L'économie se fonde sur les principales activités suivantes:

Les productions agricoles dont les principales spéculations sont les céréales (mil penicillaire, sorgho pluvial, berebéré, les oléagineux (arachides, sésame) et les cultures maraichères

pratiquées au bord du fleuve Batha et du lac Fitri.

La production pastorale dont l'élevage est la principale activité pratiquée dans la ville de Ati fait vivre la grande partie de la population.

Elle est en quasi-totalité habitée par des populations de confession musulmane. L'islam est la religion pratiquée par les autochtones. Les personnes de confession religieuse différente et les animistes qu'on rencontre dans la ville sont des allogènes. (MNCT, 2009)

I.5.6 Equipements de desserte en eau

Suite à la publication du SDEA en 2003, le Tchad a précisé sa politique d'accès à l'eau potable et notamment le type d'infrastructures éligibles.

Les PMH et les réseaux de distribution d'eau sont considérés comme des ouvrages d'accès à l'eau potable ; les puits protégés peuvent être aussi considérés des points d'eau.

L'Equipement hydraulique est fonction de la population sédentaire habitant dans un village.

En termes d'attribution, cela revient à appliquer la répartition suivante :

- la PMH est réservée pour les villages dont la population est inférieure à 1200 personnes (domaine de l'hydraulique villageoise)
- la Pompe à Motricité Humaine : désignent les pompes actionnées par un usager (non motorisées, ni éoliennes). Leur commande peut être à main (bras de levier, volant à tourner) ou à pied (pédale). Sans moteur elles sont donc relativement simple à réparer.
- le système classique ou simplifié est recommandé pour les villages dont la population est supérieure à 1200 personnes (domaine de l'hydraulique semi-urbaine et urbaine).
- Le système d'AEP, constitué d'ouvrages, d'équipements et de réseau hydraulique: forage ou d'une prise d'eau, d'une source d'énergie, d'un moyen d'exhaure, d'un ouvrage de stockage, d'une desserte par bornes fontaines et /ou par branchements particuliers.

I.5.7 Etats des lieux des ouvrages existants

✓ Le réseau de Ati

Le système d'AEP de la ville de Ati a été construit en 1997 dans le cadre de la coopération taïwanaise.

Ce système d'AEP est constitué essentiellement de :

- La ressource: eau souterraine
- De l'adduction

- Du traitement
- De stockage
- De la distribution
- ✓ **Ressources en eau**

Le système d'AEP de Ati est alimenté à partir des eaux souterraines de la nappe phréatique des terrains sédimentaires. Ces nappes souterraines sont exploitées à partir de forages.

Tableau 1:Caractéristiques de forages de Ati

N°	X	Y	Année de réalisation	Profond eur	NS m	Q m ³ /h	Financement	Exploité
F 1	13°12'44,8"	18°21'03,0"	1988	NC	NC	NC	KfW	Oui
F 2	13°12'29,6"	18°21'01,6"	1988	NC	NC	NC	KfW	Oui
F 3	13°12'44,3"	18°21'01,0"	1987	NC	13,23	13,3	FSD	Abandonné
F 4	13°12'42,9"	18°21'03,6"	2010	NC	NC	NC	BNI	Oui
F 5	13°12'55,7"	18°20'15,8"	2010	NC	NC	NC	BNI	Abandonné
F 6	13°12'08,7"	18°19'31,4"	2010	NC	NC	NC	BNI	Jamais utilisé

(Plan directeur d'alimentation en eau potable de la ville d'Ati, 2010)

Initialement, pour l'AEP, on exploitait les deux forages réalisés en 1988 sur des fonds de la coopération allemande. Il n'y a plus d'information fiable, disponible, sur ces deux ouvrages.

L'association, qui a repris l'exploitation en fin 2011, a réhabilité, le forage qui alimentait une station pastorale. Il n'existe plus aucune information technique sur cet ouvrage.

En 2010, dans le cadre de la préparation des festivités du 1^{er} décembre, une ONG a réalisé 3 nouveaux forages pour l'AEP de ATI (à l'Est, au centre et à l'Ouest de la ville). Il n'existe aucune donnée technique sur ces trois ouvrages. Le forage à l'est de la ville a été mis en exploitation par l'association qui a repris la gestion fin 2011. Le forage du centre qui alimentait deux réservoirs métalliques n'est plus utilisé et a été déséquipé. Le forage situé à l'ouest de la ville, n'a jamais été mis en service.

Il semble que ces forages n'aient pas été réalisés suivant les règles de l'art. Pour les têtes de forages :

- le massif de béton n'est pas assez important et laisse apparaître, au niveau du F 4 une cimentation de tête insuffisante ;

- le tube métallique ne permet pas la fermeture du forage après installation de la pompe (absence de brides).
- Pas de zone de protection immédiate



Figure 2 : Tête de forage F4

✓ **Le traitement**

La station de pompage a été initialement équipée d'un système de chloration de type Dosatron avec une cuve de 200 litres.

Ce système est aujourd'hui en panne, la pompe d'injection ayant été démonté.

Le nombre de forage amenant l'eau au château ayant été augmenté depuis la construction, l'emplacement actuel du point d'injection du chlore ne permet plus le traitement de toutes les eaux brutes.

✓ **Le Stockage**

Lors de la construction de l'AEP, la ville de ATI a bénéficiée d'un château d'eau en béton armé de 150 m³ à 20 m de hauteur sous cuve.

Cette infrastructure est globalement en bon état, mais elle ne dispose pas :

- D'un compteur de sortie ;
- D'une trappe de fermeture en bas de cuve ;
- D'un système indicateur de niveau.

La trappe de fermeture au sommet et les moustiquaires des aérations sont à changer.

L'association en charge de la gestion de l'AEP procède au nettoyage de la cuve une fois par mois, et suite à ce nettoyage elle procède au remplissage et à la chloration de la cuve.

En plus de ce château d'eau, la ville d'Ati dispose d'une bâche de 300 m³ qui alimentait les

abreuvoirs de la station pastorale. Cette bâche a été réhabilitée en 2010 et est en bon état.

✓ **La distribution**

Lors de la construction de l'AEP, le réseau avait une longueur totale de 7 410 m en diamètre nominal compris entre 90 et 160 mm. La distribution d'eau se faisait à partir de 14 bornes fontaines (10 bornes fontaines ordinaires et 4 de type kiosque).



Figure 3:Les bornes fontaines

CHAPITRE 2: SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE

II.1 EVALUATION DES BESOINS EN EAU

II.1.1 Estimation de la population à l'horizon 2025

Pour notre étude, nous allons évaluer la population de Ati à l'horizon 2025 puis estimer les différentes catégories de besoins afin de mieux dimensionner les ouvrages pour une bonne alimentation en eau potable de la population.

Le réseau d'alimentation en eau potable est conçu en tenant compte de la croissance démographique ; c'est-à-dire de l'évolution de la population dans le temps. On devra tenir compte du futur expansion de la ville.

L'étude de ce projet se fera pour une durée de 10 ans à partir de 2015. Le taux d'accroissement est de 2,5% et la population est de 27 070 habitants d'après le recensement de 2009. Nous supposons que le taux d'accroissement est constante jusqu'à l'horizon du projet.

Nous évaluerons la population future à l'horizon 2025 par la formule suivante :

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

Avec P_n = La population à l'horizon du projet

P_0 = Population de référence

α : Le taux d'accroissement

n = Nombre d'années séparant l'année de référence à l'horizon choisie.

Tableau 2: Nombre d'habitants pour différentes horizons

Année	Evaluation de la population
2009	27070 hab.
2012	29151 hab.
2025	40186 hab.

II.2.2 Répartition des consommations par type de branchement

La ville de Ati dispose d'un réseau d'AEP qui n'arrive pas à couvrir les besoins en eau de la population. Selon une étude réalisée par la STE sur les grands centres urbains la plupart de population s'approvisionne à partir des branchements particuliers que des bornes fontaines.

En plus de cela certaines populations s'approvisionnent à partir des pompes à motricité humaine (PMH). Selon les résultats de cette étude réalisée sur les grands centres urbains du Tchad, 65% de la population s'approvisionne en branchements privés (BP) et 25% de la population en borne fontaine (BF) et 10% de la pompe à motricité humaine (PMH). (STE, 2011), Rapport technique sur les grands centres urbains

La répartition de la population par type de branchement serait alors :

Population Branchement Privés (PBP) = $40186 \times 0,65 = 26121$ habitants

Population des Bornes Fontaines (PBF) = $40186 \times 0,25 = 10047$ habitants.

II.2.3 Consommations spécifiques

La consommation spécifique en eau d'une population dépend de plusieurs facteurs dont : le développement socio-économique des usagers, le développement urbain, les sources d'approvisionnements existants, la tarification...

En raison des faibles revenus de la population, la consommation journalière ne dépasse guère 20l/jr/hab. Une conclusion de l'inventaire national issue des grands centres urbains montre que la norme surestime les besoins des populations dans la plupart des centres urbains et l'on se situe entre 10 et 15 l/jr/hab. Néanmoins, il est évident que plus l'eau est abondante, plus la consommation augmente alors on peut dire que l'amélioration des conditions d'accès à l'eau augmente les besoins existants et en crée de nouveau.

Cependant, nous adopterons l'hypothèse simplificatrice des consommations spécifiques proposées par la STE. (SDEA, 2003)

- La demande domestique

20l/jour/ habitants au niveau des bornes fontaines

40l/jour/ habitants pour les branchements privés.

II.2.4 Choix de coefficient de pointe

✓ Le facteur saisonnier

Le coefficient de pointe saisonnier est influencé par les périodes de chaleur, les flux saisonniers de personnes (tourisme par exemple), l'arrivée temporaire de consommateurs de ressources alternatives du fait de la détérioration de leur qualité et ou de leur tarissement. Il varie en situation normale entre 1,10 en zone tropicale humide où les ressources en eau sont abondantes et les températures stables, et 1,20 en zone sahélienne où le tarissement cyclique des ressources alternatives se conjuguent avec les fortes chaleurs.

Nous retenons $Cps = 1,15$

✓ **Coefficient de pointe journalier**

Le coefficient de pointe journalier exprime le retour de façon cyclique du comportement des usagers au cours de la semaine ; Les pointes des consommations se situent aux jours des grandes lessives et des repos hebdomadaires. Le coefficient de pointe journalier est indépendant de la saison. Il varie entre 1,05 et 1,15.

$$C_{pj} = \frac{D_{pj}}{D_{jmp}}$$

D_{pj} = Demande du jour de pointe (m³/j)

D_{jmp} = Demande journalière moyenne du mois de pointe (m³/j)

✓ **Coefficient de pointe horaire**

Le coefficient de pointe horaire rend compte de la pointe de la consommation au cours de journée. Il exprime donc les habitudes du consommateur au cours de la journée. Il est indépendant de la saison. Il n'y'a aucune influence sur la quantité d'eau à mobiliser. Il est d'autant plus atténué que la ville à des activités diversifiées. Le coefficient de pointe horaire est estimé par des études statistiques sur divers systèmes similaires ou par le biais des formules empiriques.

$$C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}}}$$

Suivant l'expérience Le coefficient de pointe horaire (Cph) varie de 2 à 2,5 pour les localités de plus de 10 000 habitants.

Tableau 3: Coefficient de pointe horaire

taille de la localité (habitant)	< 10000	10000 à 50000	50000 à 200000	> 200000
Cph	2,5 à 3	2 à 2,5	1,5 à 2	1,5

(Zoungwana, 2003)

Pour l'étude de notre projet nous prendrons un coefficient de pointe de 2,5 car nous sommes au-delà de 10000 habitants.

✓ **Besoins annexes**

Les besoins annexes de la population concernent les services publics de l'état (centre de santé, école, marche etc...) donc il sera retenu à 10% du besoin domestique journalier.

✓ **Besoins pastoraux**

Pour dimensionner un réseau d'alimentation d'eau potable en milieu rural il est important de tenir compte du besoin des bétails. Mais dans le cas de ce projet, la consommation d'eau pour cheptel se fera au point d'eau alternatif.

✓ **Pertes d'eau dans le réseau**

Dans un réseau d'alimentation en eau potable, les pertes d'eau sont situées à des différents niveaux: la prise d'eau, la station de traitement, les stations de pompage, le réservoir, le réseau d'adduction et de distribution, les vannes, les joints, les compteurs, etc...

Les centres secondaires exploités généralement par la société tchadienne des eaux (STE) ont généralement des rendements de l'ordre de 90%. Les statistiques montrent que les centres des plus petites tailles équipées de système d'adduction (AEP), les rendements sont généralement plus élevés (95%). (SDEA, 2003)

Le volume de ces pertes d'eau dépend de :

La compétence et l'efficacité du service de maintenance du réseau.

b- De l'âge et l'état du réseau.

En considérant la taille de la ville, de son enclavement en saison pluvieuse et du temps d'intervention sur notre réseau généralement long en cas de fuite, on prendra un rendement de 90%. La perte d'eau dans le réseau est de 10%.

Nous utiliserons un coefficient de perte de 1,1.

✓ **Taux de desserte**

Les normes mises en place par le schéma directeur de l'eau et de l'assainissement SDEA fixent le taux de desserte en milieu rural de : 40% en 2006 et 80% en 2015. Pour notre étude on garde les mêmes taux 40% et 80% pour les échéances 2015 – 2025. (SDEA, 2003)

Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

Tableau 4: Récapitulatif des besoins en eau à l'horizon du projet

Année	Unités	Formule	2025
Population	hab.	PT	40186
Population des bornes fontaines	hab.	$PBF=PT*0,25$	10047
Population des branchements privés	hab.	$PBP=PT*0,65$	26121
Taux de desserte	%	0.8	
Consommation spécifique des BF (l/j/hab.)	l/j/hab.		20
Consommation spécifique des BP (l/j/hab.)	l/j/hab.		40
Demande journalière moyenne des BF (m3/j)	m3/j	$DJM=PBF*Cs*1,15$	231,07
Demande journalière moyenne des BP (m3/j)	m3/j	$DJM=PBP*Cs*1,15$	1201,56
Demande journalière moyenne globale (m3/j)	m3/j	$DJM=DJM(BF)+DJM(BP)$	1432,63
Demande du jour de pointe des BF	m3/j	$Djp(BF)*Cps*Cpj$	292,30
Demande du jour de pointe des BP	m3/j	$Djp(PB)*Cps*Cpj$	1519,98
Demande du jour de pointe total	m3/j	$Djp(BF)+Djp(BP)$	1812,28
Production journalière du jour de pointe	m3/j	$PJM=Djp*Ccoeffperte$	1993,51
Débit moyen horaire de production du jour de pointe	m3/h	$QMH=PJM/24$	83,06
Coefficient de pointe horaire		2,50	
Débit de pointe horaire des BF	m3/h	$Qtot(BF)=0,25*QMH*CPH$	51,91
Nombre de borne fontaine		$NBF=PBF/500$	20
Débit de pointe horaire des BP	m3/h	$Qtot(BP)=0,65*QMH*CPH$	134,98

Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

Débit de pointe du réseau	m3/h	QHP=QMH*CPH	207,66
Débit d'exploitation de forages	m3/h		183
Nombre d'heure de pompage par jour	heure		16
Nombre de forage			6

- **Choix de la ressource**

Délivrer une eau potable en qualité et suffisante en quantité est le but de tout système d'AEP et cela n'est possible que si il existe une ressource en eau. L'identification d'une ressource en eau est donc la prémisse à tout projet d'adduction en eau potable. Deux options sont possibles en fonction de leur disponibilité : l'exploitation d'une ressource souterraine et d'une ressource de surface.

En général, pour les centres ruraux et pour les systèmes d'AEP, la ressource souterraine est priorisée au vu de sa relative bonne qualité. La mise en place de système de traitement complexe n'est donc pas nécessaire.

A l'horizon du projet (2025), les besoins à satisfaire sont ceux du jour de pointe qui s'élève à 1993,51 m³/j. Alors il nous faut une ressource pouvant couvrir cette demande. Pour cela l'étude a été faite pour la réalisation de 6 forages qui ont un débit égal à 183 m³/h. Vu que les forages peuvent satisfaire cette demande, nous n'avons donc pas besoin de nous tourner vers d'autres ressources. Nous exploiterons donc la ressource en eau souterraine de la ville d'Ati en raison de sa qualité qui se rapproche de celle des eaux de consommation et qui nécessite une simple chloration.

- **Traitement de l'eau**

Il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais celle qui est utilisée dans le cadre du projet est la chloration. Elle permet de détruire les pathogènes présents dans l'eau, et de protéger l'eau contre de nouvelles contaminations qui surviendraient au cours de son transport ou de son stockage.

La désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine est l'étape finale indispensable dans toute filière de potabilisation de l'eau et dans la distribution et correspond à la destruction ou l'inactivation des micro-organismes pathogènes pour l'homme. La chloration est le procédé de désinfection le plus répandu pour le traitement final de l'eau destinée à la consommation humaine, compte tenu de son effet bactéricide, virulicide, rémanent, de sa disponibilité et de son moindre coût. En plus de ses avantages, le chlore et ses dérivés se montrent utiles aussi dans le contrôle des odeurs et des goûts, la prévention dans la croissance des algues, l'élimination du fer et du manganèse, la destruction de l'acide sulfhydrique, l'élimination des colorants organique.

- **Le système de captage**

Compte tenu du contexte hydrogéologique de Ati, nous utilisons les eaux souterraines pour le système d'adduction en eau potable.

Le système d'exhaure généralement utilisé pour amener l'eau du forage jusqu'au lieu de stockage est le pompage. Il existe sur le marché un large éventail de pompe de diverses caractéristiques. Le choix de la pompe est fait en fonction du débit de pompage, et de la hauteur manométrique totale (HMT). Six forages sont utilisés dans le cas de notre projet.

II.2 DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS OUVRAGES HYDRAULIQUES

II.2.1 Différents éléments du réseau

II.2.2 Nature des conduites

Plusieurs types de conduites sont disponibles sur le marché et sont utilisées pour l'adduction en eau potable. Pour la ville de Ati, les conduites du réseau de distribution seront de type PVC (polychlorure de vinyle) car leur mise en œuvre ne requiert aucune main d'œuvre qualifiée et son coût est relativement moins élevé par rapport aux autres types de conduites disponibles sur le marché. Les pressions nominales adoptées seront de 10 mce aussi bien pour les conduites d'adductions que pour les conduites de distribution car la topographie est peu accidentée ce qui donnera des pressions qui sont généralement peu élevées (distribution gravitaire et terrain peu accidenté).

II.2.3 Le mode de distribution, structure et tracé du réseau

Trois modes de distribution sont possibles : la distribution gravitaire à partir d'un château surélevé, le refoulement distributif à partir d'une pompe qui assure la pression de service et le pompage à la demande. Pour ce qui concerne Ati, le mode de distribution retenu est la distribution gravitaire à partir d'un château surélevé.

Le système de distribution comprendra une conduite primaire, des conduites secondaires et des conduites tertiaires. Les branchements privés et les bornes fontaines seront placés sur les conduites tertiaires.

✓ Tracé du réseau

Le tracé du réseau prend en compte les points caractéristiques suivants :

- Les points des dessertes : les points des dessertes choisis sont les bornes fontaines et les branchements privés. Ils seront placés sur les conduites tertiaires et respecterons un rayon de 500m ;
- L'emplacement du réservoir : Le réservoir a été implanté en tenant compte des conditions topographiques du terrain, de la situation du réseau ;
- Les principaux chemins (cas de centre non loti) sont soigneusement repérés pour le passage des conduites. Les conduites seront enterrées pour les protéger contre les intempéries et éviter l'encombrement des voies de circulation.

II.2.4 Equipements du réseau de distribution

Afin de s'assurer du bon fonctionnement et de la pérennité du réseau, il est nécessaire de mettre en place un certain nombre d'équipements de protection et de régulation que sont :

- ❖ Des vannes de sectionnement qui permettent de sectionner, régler, régulariser l'écoulement dans le réseau et seront placées à des points stratégiques. Ainsi ces vannes permettent l'isolation d'une partie du réseau pour d'éventuels travaux d'entretien.
- ❖ Equipement de comptage (compteur) qui est très important dans la gestion du réseau. Ils permettent l'optimisation des charges d'exploitations (rendement des unités, coût de l'énergie), d'assurer une gestion optimale du réseau (volumes exhaures, traités, distribués, facturés) et la planification du développement du système.
- ❖ Les points de vidange pour nettoyage du réseau. Ils sont placés au niveau des points bas du réseau ;
- ❖ Des ventouses pour purger le réseau de l'air y circulant. Elles sont placées dans les points hauts ;
- ❖ Des clapets anti-retour pour éviter la circulation de l'eau en sens inverse.

II.2.5 Equipements annexes

Il s'agit essentiellement des équipements nécessaires pour que le gérant puisse bien assurer le fonctionnement du système. Ce sont :

- Le bureau de l'exploitant ;
- Un magasin de stockage des matériaux ;
- Les toilettes du personnel ;
- Une clôture afin de protéger les équipements mis en place.

II.2.6 Dimensionnement du réservoir

Le réservoir d'eau potable joue un rôle capital dans le réseau de distribution. En effet, il permet de faire face aux variations plus ou moins importantes de la demande en eau, d'assurer le volume d'eau nécessaire pour la protection incendie et de faire face à une éventuelle défaillance de l'une des composantes du réseau se situant à l'amont du réservoir (source d'alimentation, usine de traitement, conduite d'adduction etc.). Les réservoirs servent donc

principalement à harmoniser la demande et la production.

Dans le cas du projet le château d'eau retenu est en béton armé de volume **1000 m³** avec **20 m** de hauteur.

Le choix du site d'emplacement du réservoir s'est fait en tenant compte d'un certain nombre d'éléments :

- ✓ Minimiser la longueur des conduites de refoulement pour économie sur le prix des conduites ;
- ✓ Assurer une pression raisonnable pour le point le plus contraignant du réseau.

Détermination du volume du réservoir

La capacité optimale d'un réservoir (du point de vue technique) est obtenue par la confrontation entre les débits disponibles au niveau du pompage avec les débits distribués (prélèvement de l'eau par les usagers) : ce qui suppose l'existence d'une courbe de consommation d'un centre similaire (consommation relevée heure après heure sur 24 heures d'affilées). Ces données n'étant généralement pas disponibles, il est admis de retenir une capacité allant de 10% à 30% des besoins de pointe journaliers (V_j).

Dans notre cas comme c'est une adduction en jour nous prendrons 30% V_j .

Donc la capacité utile du réservoir est égal à 30% ***1993,51**= **598,053 m³**

D'où **CU= 598,053m³**

Nous pouvons dire que le réservoir a été surdimensionné. Avec le volume de 1000 m³ on n'a pas besoin de faire un autre réservoir, cela permettra de satisfaire la consommation future des besoins en eau de la population.

Diamètre du réservoir

Pour une hauteur de la tranche d'eau dans le réservoir $h = 8.30$ m, le volume du réservoir sera $V = S * h$ avec S : surface de base du réservoir.

Notre réservoir étant de forme cylindrique, on a :

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * h \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * h}} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * 1000}{\pi * 8,30}} \Rightarrow D = 12 \text{ m}$$

Nous retenons en définitif, un château cylindrique d'une capacité de **1000 m³** avec une hauteur du réservoir de 8,3 m, et d'un diamètre de 12 m; le radier sera implanté à 20 m au-dessus du terrain naturel.

Equipement du château d'eau

- ✓ Conduite d'arrivée (adduction)
- ✓ Conduite de départ (distribution) : Le départ de la conduite de distribution s'effectue

de 0,15 à 0,20 m au-dessus du radier, et doit être muni d'une crépine en vue d'éviter l'introduction ; dans la distribution des boues ou des sables qui peuvent se déposer dans la cuve.

- ✓ Conduite de vidange : Elle permet de vidanger le château d'eau en vue de nettoyage ou de réparation. Cette conduite partira au point bas du château d'eau. Elle sera munie d'un robinet vanne et sera raccordée à la conduite de trop plein.
- ✓ Conduite de trop plein : Cette conduite permet d'évacuer l'excès d'eau arrivant au château d'eau, ce qui permet d'éviter que le niveau maximal soit atteint dans le château d'eau. La conduite de trop plein ne comportera pas de robinet sur son parcours ; sa section transversale sera disposée selon un plan horizontal situé à une distance h au-dessus du niveau maximal.
- ✓ Conduite by-pass : Ce tronçon de conduite relie les conduites d'alimentation (arrivée) et de distribution (départ) ; il fait circuler l'eau sans le faire passer au château d'eau ; permettant d'isoler le château d'eau en cas de besoin :
- ✓ nettoyage de la cuve château d'eau ;
- ✓ réparation du château d'eau.
- ✓ Une échelle en aluminium amovible pour la descente dans la cuve ;
- ✓ Une échelle en acier fixé à partir de 1,00m du sol pour accéder au réservoir ;
- ✓ L'intérieure du réservoir sera recouverte d'une peinture alimentaire de qualité admise par les normes en la matière.

Dimensionnement de la bache

Le volume de la bache a été déterminé par la méthode du tableau .Nous retenons un temps de pompage de 16h allant de 6h à 22h.Ainsi, nous déterminons le débit entrant et le débit sortant par les formules suivantes :

$$Q_{\text{entrant}} = \frac{D_{pj}}{16} \text{ et } Q_{\text{sortant}} = \frac{D_{pj}}{24}$$

$$Q_{\text{entrant}} = 124,59 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } Q_{\text{sortant}} = 83,06 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tableau 5:Repartition horaire des consommations

Période	Durée	Coefficient	Coeff*Qsortant
0h-6h	6h	0,1	8,306291667
6h-8h	2h	1,5	124,594375
8h-11h	3h	3	249,18875
11h-14h	3h	1,5	124,594375
14h-18h	4h	1,05	87,2160625
18h-20h	2h	0,5	41,53145833
20h-22h	2h	0,5	41,53145833
22h-24h	2h	0,35	29,07202083

Tableau 6:Détermination du volume de la bache

Période	0h-6h	6h-8h	8h-11h	11h-14h	14h-18h	18h-20h	20h-22h	22h-24h
Durée	6h	2h	3h	3h	4h	2h	2h	2h
Qentrant	0	124,59	124,59	124,59	124,59	124,59	124,59	0
Vol entrant	0	249,19	373,78	373,78	498,38	249,19	249,19	0
Ven cum	0	249,19	622,97	996,76	1495,13	1744,32	1993,51	1993,51
Qdistrb	8,31	124,59	249,19	124,59	87,22	41,53	41,53	29,07
Vdistrb	49,84	249,19	747,57	373,78	348,86	83,06	83,06	58,14
Vdistrb cum	49,84	299,03	1046,59	1420,38	1769,24	1852,30	1935,37	1993,51
Ven cum-Vdist	-49,84	-49,84	-423,62	-423,62	-274,11	-107,98	58,14	0

La détermination du volume de la bache est donnée par la formule suivante :

CU= excédent max de (Volume cumulé entrant-Volume cumulé sortant (m3)) + Déficit max de (Volume cumulé entrant-Volume cumulé sortant (m3))

$$CU=|-423,62|+58,14 = 481.76$$

Nous retenons une bache de volume **550 m³**.

La bache sera dimensionnée avec une forme parallélépipédique et les dimensions

Constructives sont : **6m x 12m x 8**

Vérification du temps de séjour minimal

C'est le temps minimal de contact du chlore avec l'eau afin de s'assurer de l'efficacité du traitement. Ce temps de contact doit être supérieur à 2h.

$$T_{sejour} = \frac{C_u(m^3)}{max Q_{distribué}(m^3)/h}$$

Avec Q_{pj} la consommation journalière de pointe

Après calcul nous obtenons un temps de séjour de 2,2 > 2 h, donc la condition est vérifiée.

Vérification du temps de séjour maximal

Le temps de séjour défini le temps maximal pour le renouvellement total du volume de l'eau.

Il doit être inférieur à 48 h (2 jours) pour éviter la dégradation totale du chlore.

$$T_{sejour} = \frac{C_u(m^3)}{Q_{pj}(m^3)/j}$$

Avec Q_{pj} la consommation journalière de pointe

Après calcul nous obtenons un temps de séjour de 0,24 jours < 2 jours, condition vérifiée.

La réserve incendie

Dans le cas du projet nous estimons un débit de 60 m³/ h pendant deux heures.

Cela nous donne un volume de 120 m³/ h pour 2 h.

II.3 MODELISATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION DE LA VILLE DE ATI

EPANET est un logiciel développé pour la simulation du comportement des systèmes de distribution d'eau d'un point de vue hydraulique et également d'un point de vue qualité de l'eau.

✓ **Demande au nœud**

Le réseau de distribution de la ville de Ati est un réseau mixte. Donc c'est un ensemble de réseau ramifié et maillé.

Dans un réseau maillé, la maille permet le bouclage et l'isolement d'un tronçon sans perturbation de la distribution sur le reste du réseau. Suivant la demande, l'eau se répartit dans l'un ou l'autre sens ; ce qui assure une certaine sécurité dans la distribution.

Cette répartition consiste à :

- ❖ Ramener les consommations linéaires en consommations ponctuelles aux nœuds à raison de $\frac{Q_{\text{en route}}}{2}$ à chaque extrémité du tronçon ;
- ❖ Ramener les consommations de tous les nœuds du secteur au nœud de départ de chaque secteur ;
- ❖ Appliquer aux nœuds de départ de chaque secteur la répartition provisoire et arbitraire des débits en respectant la loi d'équilibre des nœuds : somme de débits arrivant à un nœud = somme des débits qui en partent + somme des débits prélevés à ce nœud ;

Le réseau est calculé sur la base des débits de l'heure de pointe.

✓ **Les tronçons**

Les tronçons représentent les canalisations entre deux nœuds du réseau et sont caractérisés par :

- ❖ Leur longueur
- ❖ Leur diamètre intérieur
- ❖ Leur rugosité
- ❖ Leur service en route

✓ **Le Réservoir**

C'est un nœud particulier de charge fixée et où le niveau de charge fluctue entre deux limites hautes et basses. Il est aussi caractérisé par :

- ❖ La cote au sol

- ❖ La côte du radier et celui du trop-plein
- ❖ Le type d'alimentation (par le fond ou par surverse)
- ✓ **Les pertes de charges**

On distingue deux types de pertes de charges dans un réseau de distribution.

Les pertes de charges linéaires ou régulières et les pertes de charges singulières.

Les pertes de charges linéaires

Elles sont dues aux frottements de l'eau contre les parois des conduites et les turbulences provoqués par ces effets. Elles dépendent en toute rigueur des caractéristiques de l'eau (viscosité de l'eau, régime d'écoulement, température etc...), et des caractéristiques de conduite (longueur, rugosité des parois, diamètre intérieur etc...).

Le calcul des pertes de charges linéaires utilisées dans EPANET selon les caractéristiques du liquide en fonction de l'une des trois (03) formules sont les suivantes :

- ❖ La formule de Hazen-Williams

Cette formule est la plus utilisée aux Etats-Unis. Elle s'exprime par :

$$\Delta h = 10,65 \times \frac{Q^{1,85}}{CHW^{1,85} \times D^{4,87}} \times L$$

Q : débit en (m³/s)

CHW : coefficient de Hazen- Williams

D : diamètre intérieur de la conduite en (m)

L : longueur de la conduite en (m)

Δh = perte de charge en (m)

Elle surestime les pertes de charges linéaires comparativement aux autres formules. Cette surestimation prend en compte les pertes de charges singulières. (Mar, 2003)

- ❖ La formule de Darcy-Weisbach

Elle est largement utilisée en Europe et s'applique à tous les régimes d'écoulement et à tous les liquides. Cette formule est sélectionnée par défaut dans EPANET. Elle est donnée par :

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

λ : coefficient de pertes de charge (-)

V : vitesse d'écoulement en (m/s)

D : diamètre de la conduite en (m)

L : longueur de la conduite en (m)

❖ La formule de Chezy-Manning

Elle est généralement utilisée pour les écoulements dans les canaux ouverts et pour les grands diamètres.

Dans le cas de notre étude, nous avons utilisé la formule de Darcy-Weisbach pour le calcul de nos pertes de charges linéaires dans la simulation.

Les pertes de charges singulières

Elles sont dues aux modifications brusques de l'écoulement dans les pièces telles que les changements de section (rétrécissement, élargissement), les changements de direction (coudes, té etc...) et aussi au niveau des appareils de contrôle suivi (vanne, clapet).

Les pertes de charges singulières sont en fonction du débit, du diamètre de la conduite et la nature de la singularité. L'importance d'inclure ou non de telles pertes dans les calculs dépend de l'exactitude exigée. Elles sont données par la formule suivante :

$$\Delta h_s = k_i \times \frac{Q^2}{2g \times S^5}$$

Q : débit en (m³/h)

S : section de la conduite (m²)

Ki : coefficient dépendant de la singularité (-)

Δh_s : pertes de charges singulières

La même formule est utilisée dans EPANET, ce pendant pour tenir compte de ces pertes, il faut assigner à chaque tuyau un coefficient de perte de charge singulière k_i avec i étant fonction de la singularité. Le coefficient de pertes de charges singulières est donc pris en charge directement par le logiciel dans le calcul.

Remarque : Les pertes de charges singulières peuvent être estimées en une fraction des pertes de charges linéaires soit 5% pour les conduites d'adduction équipées de peu de singularités, et 10% pour les conduites de distribution. (Mar, 2003)

Avec $\Delta h_t = \Delta h_l + \Delta h_s$,

✓ Simulation du réseau de distribution

C'est la dernière étape de l'optimisation du réseau de distribution. Elle permet d'apprécier le comportement du réseau à des heures données.

La simulation identifie les pressions aux nœuds, les vitesses dans les conduites, les débits dans les conduites. Elle fait la répartition pour les zones des faibles ou fortes vitesses ainsi que les zones de faibles ou fortes pressions.

La simulation du réseau s'est fait en régime transitoire. Elle présente le fonctionnement du réseau en situation de consommation de pointe horaire.

La figure ci-dessous présente les résultats de la simulation actuelle mettant en œuvre les pressions aux nœuds du réseau ainsi que les vitesses dans les différentes conduites du réseau.

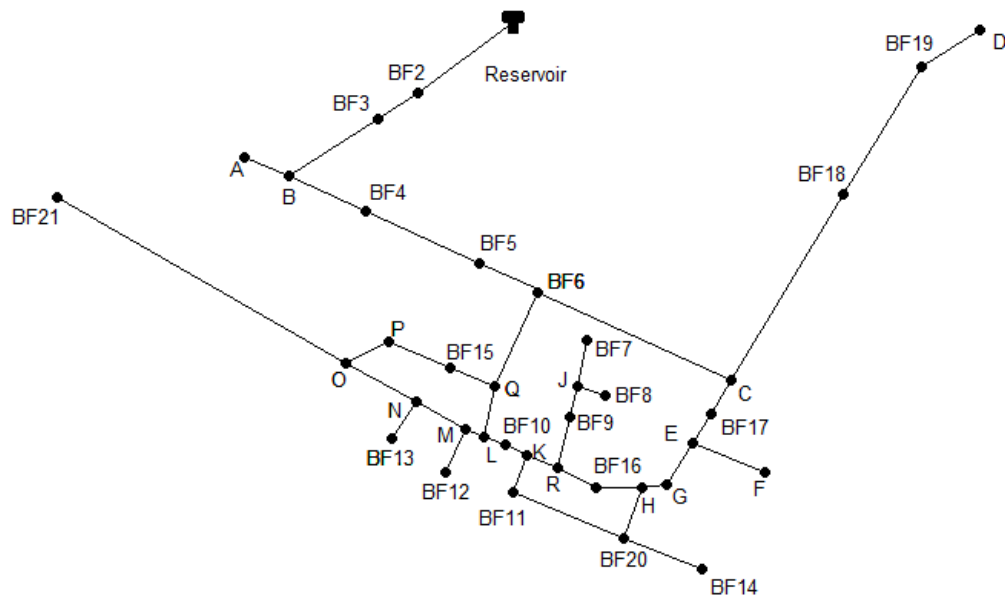


Figure 4: Simulation du réseau de Ati

Le tableau 6 et 7 donne le récapitulatif des résultats obtenus par la simulation.

Tableau 7: Etats des pressions aux nœuds à 6 :00 Heures

ID Nœud	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud 8	0,8	416,17	29,54
Nœud 9	1,39	415,29	16,12
Nœud 10	0,8	414,51	15,43
Nœud 11	0,8	414,03	15,69
Nœud 12	2,78	413,31	14,1
Nœud 13	0,8	414,76	18,98
Nœud 14	1,39	414,28	20,18
Nœud 15	0,83	413,85	16,3
Nœud 16	1,39	413,69	16,59
Nœud 17	0,8	413,34	14,47

Au vu des résultats obtenus après simulation, nous constatons que les pressions aux différents nœuds sont tous supérieurs à la pression minimale exigée soit 10 mCE

Tableau 8: Etats de quelques arcs à 6 :00 Heures

Tuyau	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Rugosité	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau 7	380	225/203,4	0,01	35,64	0,9	2,9
Tuyau 9	1200	140/126,6	0,01	4,38	0,28	0,65
Tuyau 10	600	125/113	0,01	3,58	0,29	0,79
Tuyau 11	300	90/81,4	0,01	2,78	0,44	2,42
Tuyau 12	200	160/144,6	0,01	13,72	0,68	2,67
Tuyau 13	200	160/144,6	0,01	12,92	0,64	2,39
Tuyau 14	80	57/42,5	0,01	0,83	0,33	2,54
Tuyau 15	250	160/144,6	0,01	10,7	0,53	1,7

Les vitesses respectent aussi la condition de vitesse minimale et maximale (toutes supérieurs à 0.3m/s et inférieures à 1,2m/s). On peut dire que les conduites sont choisies en respectant les conditions des vitesses.

II.4 DIMENSIONNEMENT DE CONDUITE DE REFOULEMENT

Les conduites de refoulement seront dimensionnées avec les formules de Bresse, Bresse modifié, tout en respectant la condition de Flamant.

Formule de Bresse : $D(m) = 1,5 \times Q^{0,5}$

Formule de Bresse modifié : $D(m) = 0,8 \times Q^{1/3}$

Condition de Flamant : $v < 0,6 + D(m)$

Q : le débit en m³/s

Les conduites de refoulement seront en PVC PN10

Nous avons six(6) forages avec des différents débits. Donc nous dimensionnerons 6 conduites d'adduction qui seront reliés à la bêche.

Conduite 1 : Elle va du forage 1 jusqu'à la bêche

Conduite 2 : Elle va du forage 2 jusqu'à la bêche

Conduite 3 : Elle va du forage 3 jusqu'à la bêche

Conduite 4 : Elle va du forage 4 jusqu'à la bêche

Conduite 5 : Elle va du forage 5 jusqu'à la bêche

Conduite 6 : Elle va du forage 6 jusqu'à la bêche

Une conduite de refoulement qui va de la bêche au château avec un débit fixé à 170 m³/h.

Tableau 9:Caracteristiques de conduite d'adduction

Conduite 1									
	Q (m ³ /s)	D (m)	D (mm)	D choisi (mm)	Dint (mm)	PN	V (m/s)	Condition de Flamant	
Formule de Bresse	0,0067	0,123	123,11	125	113	PN10	0,55	0,73	Vérifiée
Formule de Bresse modifié	0,0067	0,151	151,09	160	144,6	PN10	0,34	0,76	Vérifiée

Tableau 10:Carcteristiques de conduite d'adduction

Conduite 2									
	Q (m ³ /s)	D (m)	D (mm)	D choisi (mm)	Dint (mm)	PN	V (m/s)	Condition de Flamant	
Formule de Bresse	0,0091	0,143	142,89	160	144,6	PN10	0,45	0,76	Vérifiée
Formule de Bresse modifié	0,0091	0,167	166,87	200	180,8	PN10	0,29	0,8	Vérifiée

Tableau 11:Caracteristiques de conduite d'adduction

Conduite 3									
	Q (m ³ /s)	D (m)	D (mm)	D choisi (mm)	Dint (mm)	PN	V (m/s)	Condition de Flamant	
Formule de Bresse	0,0080	0,134	134,28	140	126,6	PN10	0,52	0 ,74	Vérifiée
Formule de Bresse modifié	0,0080	0,160	160,09	200	180,8	PN10	0,26	0,8	Vérifiée

Tableau 12:Caracteristiques de conduite d'adduction

Conduite 4									
	Q (m ³ /s)	D (m)	D (mm)	D choisi (mm)	Dint (mm)	PN	V (m/s)	Condition de Flamant	
Formule de Bresse	0,0095	0,146	146,48	160	144,6	PN10	0 ,47	0,76	Vérifiée
Formule de Bresse modifié	0,0095	0,170	169,65	200	180,8	PN10	0,30	0,8	Vérifiée

Tableau 13:Caracteristiques de conduite d'adduction

Conduite 5									
	Q (m ³ /s)	D (m)	D (mm)	D choisi (mm)	Dint (mm)	PN	V (m/s)	Condition de Flamant	
Formule de Bresse	0,0073	0,128	128,18	140	126,6	PN10	0,47	0,74	Vérifiée
Formule de Bresse modifié	0,0073	0,155	155,21	160	144,6	PN10	0,36	0,76	Vérifiée

Tableau 14:Caracteristiques de conduite d'adduction

Conduite 6									
	Q (m ³ /s)	D (m)	D (mm)	D choisi (mm)	Dint (mm)	PN	V (m/s)	Condition de Flamant	
Formule de Bresse	0,0102	0,151	151,27	160	144,6	PN10	0,51	0,76	Vérifiée
Formule de Bresse modifié	0,0102	0,173	173,32	200	180,8	PN10	0,32	0,8	Vérifiée

Tableau 15:Caracteristiques de conduite de refoulement

Conduite refoulement									
	Q (m ³ /s)	D (m)	D (mm)	D choisi (mm)	Dint (mm)	PN	V (m/s)	Condition de Flamant	
Formule de Bresse	0,4722	0,325	325,96	400	361,8	PN10	0,44	1	Vérifiée
Formule de Bresse modifié	0,4722	0,289	289,16	315	285	PN10	0,61	0,92	Vérifiée

Tableau 16: Recapitulatif des diamètres choisis

Forages	Débits d'exploitation (m³/s)	DN choisis (mm)	D int(mm)	Vitesse (m/s)
F1	0,0067	125	113	0,55
F2	0,0090	160	144,6	0,45
F3	0,0080	140	126,6	0,52
F4	0,0095	160	144,6	0,47
F5	0,0073	140	126,6	0,47
F6	0,0101	160	144,6	0,50

La conduite de refoulement qui part de la bache au pied du réservoir a les caractéristiques suivantes:

DN315, Dint=285mm et une vitesse V=0,61 m/s.

Le choix de diamètre est un élément très important qui entre dans le coût d'investissement.

Si on utilise un gros diamètre cela peut augmenter le coût des canalisations, par contre la puissance du générateur et de l'énergie seront faibles. Donc il faudra économiser sur le prix du générateur et sur le prix de l'énergie nécessaire au pompage.

Par contre si on adopte un petit diamètre, le prix des canalisations diminue, tandis que le prix du générateur et de l'énergie seront élevés.

Dans notre cas, les diamètres ont été choisis de sorte à respecter la vitesse d'auto curage dans les conduites. On évitera donc des dépôts dans les conduites et on fera donc des économies sur le prix du générateur et de l'énergie.

II.5 CHOIX DE POMPE IMMERGEE ET GROUPE ELECTROGENE

II.5.1 Pompes immergées

Dans cette partie, nous avons pris en compte les données caractéristiques de six forages pour pouvoir alimenté le château d'eau qui sera construit dans la ville de Ati, ce qui nous a permis de déterminer la hauteur géométrique ainsi que la hauteur manométrique et de faire un choix de la pompe pour le système d'alimentation en eau potable.

II.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale

$$HMT = H_{\text{géo}} + \Delta H$$

HMT : hauteur manométrique totale ;

$H_{\text{géo}}$: hauteur géométrique, différence de côte entre le niveau dynamique du forage et la côte de refoulement au niveau du réservoir ;

ΔH : perte de charge dans la conduite d'adduction (les pertes de charge linéaires sont majorées de 10% pour intégrer celles singulières) calculée à partir de la formule de Manning – Strickler.

La Formule de Manning-Strickler est :

$$J = \frac{10.29}{K_s^2} * \frac{Q^2}{D^{16/3}} * L \text{ Avec}$$

Q : le débit ;

L : la longueur du tronçon ;

D : le diamètre intérieur de la conduite ;

$K_s = 120$ pour les conduites en PVC

Le tableau suivant résume les résultats aboutissants à la HMT :

Tableau 17: Calcul de la HMT

Forages	Cote TN (m)	Débits (m ³ /h)	ND (m)	Cote de fond(m)	Cote réservoir(m)	Hgéo (m)	ΔH (m)	HMT (m)
F1	399,27	24,25	385,07	338,82	420,32	35,25	1,17	36,42
F2	398,11	32,67	379,25	322,25	420,32	41,07	1,03	42,10
F3	394,93	28,85	370,827	324,39	420,32	49,49	1,15	50,64
F4	396,6	34,33	377,36	313,97	420,32	42,96	0,96	43,92
F5	397,11	26,29	373,96	331,73	420,32	46,36	1,29	47,65
F6	395,21	36,61	369,61	307,99	420,32	50,71	1,08	51,79

Le choix des pompes s'est fait en fonction du débit et de la HMT calculé à partir de ce tableau. Pour ces différentes valeurs obtenues à partir de ce tableau nous choisissons nos différentes pompes immergées dans le catalogue GRUNDFOS.

Au point de fonctionnement des caractéristiques de la pompe et de la conduite dans laquelle

elle refoule, on a les prescriptions techniques suivantes.

Tableau 18: Récapitulatif des pompes choisies

Forages	Débits (m ³ /h)	HMT (m)	Pompes choisies	Puissance du moteur (KW)	Rendement (%)	cos φ
F1	31,10	36,39	SP30-5	5,5	57,9	0,8
F2	33,50	42,12	SP46-4	7,5	55,6	0,8
F3	31,50	50,65	SP30-7	7,5	58,8	0,8
F4	34,30	43,96	SP30-7	7,5	55,4	0,8
F5	28,10	47,61	SP30-6	5,5	58,9	0,8
F6	36,80	53,71	SP60-5	9,2	52,5	0,8

Conduite de refoulement : Q=170 m³/h et HMT=28.76 m

Grundfos : SP160-2 (les caractéristiques générales sont données en annexe N° 12).

Les courbes de fonctionnement des autres pompes sont données en annexe N° 6 à 11.

✓ **Protection de la pompe**

Pour garantir le bon fonctionnement de la pompe et son contrôle, les équipements ci-après doivent être installés.

A l'amont de la pompe : aspiration

Nous avons les pièces suivantes :

- Crépine de Protection de la pompe contre l'entrée de gros éléments ;
- Clapet pour la retenue de l'eau dans la conduite et pour l'amorçage de la pompe ;
- Convergent dissymétrique pour la suppression de zone morte à l'entrée de la pompe ;
- Vanne d'arrêt isolement de la pompe.

A l'aval de la pompe : Refoulement

Nous avons les pièces suivantes :

- Manomètre : mesure de la pression à la sortie de la pompe ;
- Vanne de refoulement : isolement de la pompe pour l'entretien, amorçage de la pompe ;

- Purge d'air : élimination de l'air ;
- Compteur d'évaluation des quantités d'eaux refoulées ;
- Clapet anti-retour pour la protection de la pompe

✓ Dimensionnement du groupe électrogène

Les différentes pompes choisies seront alimentées par de l'électricité produite par un groupe électrogène.

Pour le moteur il faut tenir compte des puissances de démarrage .Pour prendre en compte cette puissance, on multiplie la puissance totale des installations par un coefficient K_d compris entre 1,8 et 2,5 pour ce projet on prendra $K_d=2$.

Pour tenir compte d'une éventuelle extension du réseau, on majore la puissance des installations par un coefficient K compris entre 10% et 20% .Pour ce projet on prendra $K=15\%$. Le facteur de puissance est $\cos(\varphi)=0,8$

Soit P la puissance corrigée : $P = \frac{1,15 * K_d * P_e}{\cos(\varphi)}$

Avec la puissance électrique $P_e = U * I * \cos(\varphi) * \sqrt{3}$

Nous avons obtenus une puissance électrique absorbée totale de 86.38 KW

Ainsi on a : $P = \frac{1,15 * 1,8 * 86,38}{0,8} = 223,50 \text{ Kva}$

Les caractéristiques générales du groupe électrogène choisi : Le groupe électrogène est choisi Dans le catalogue SDMO. (Les caractéristiques générales sont données en annexe 14).

✓ Protection anti-bélier

L'arrêt brusque de la pompe à la suite d'une panne ou d'un problème technique peut entraîner une oscillation de la pression intérieure des conduites (dépression ou surpression). La conduite doit donc pouvoir résister à ces valeurs extrêmes qui peuvent entraîner une explosion de la conduite en cas de surpression ou une implosion de ladite conduite en cas de dépression. Cette variation de la pression doit donc être estimée afin de mettre en place des dispositifs de protection si nécessaire. La valeur de la variation de pression est estimée à partir de la formule suivante :

Formule d'Allievi :

$$\Delta h = \pm a * \frac{V_0}{g}$$

Où Δh : est la variation de pression en m;

a : la vitesse de l'onde de pression;

V : la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement en m/s ;

g : l'accélération de la pesanteur = 9,81 m/s².

La vitesse de l'onde de pression est donnée par :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{e}}}$$

Avec:

k = 33 pour les conduites en PVC

D : le diamètre de la conduite

e : l'épaisseur de la conduite (m)

(Page 50 à 51 Cours Ecoulement Non Permanent).

Pour éviter le coup de bélier, la valeur de H+ Δh doit être inférieure à la pression nominale de la conduite de refoulement.

H=Hgéo + Pdc + Patm (voir cour d'écoulement non permanent de Lamine Mar).

Tableau 19: Surpression dans les conduites

	K	g(m/s ²)	D(mm)	E(mm)	a	Vo(m/s)	Δh	H(m)	H+Δh	PN(m)
Conuite1	33	9,81	125	6	459.63	0,55	26,71	36,42	63,13	100
Conuite2	33	9,81	160	7,7	514.30	0,45	34,20	42,10	76,30	100
Conuite3	33	9,81	140	6,7	484.22	0,52	34,20	50,64	84,84	100
Conuite4	33	9,81	160	7,7	514.30	0,47	34,20	43,92	78,12	100
Conuite5	33	9,81	140	6,7	484.22	0,47	36,03	47,65	83,68	100
Conuite6	33	9,81	160	7,7	514.30	0,50	36,03	51,79	87,82	100
Bâche-R	33	9,81	315	15	689.85	0,61	51,33	28,76	80,09	100

On remarque que toutes les valeurs de H+Δh sont inférieures à la pression nominale qui est de 100 m (10 bars). Une protection anti bélier n'est donc pas nécessaire.

CHAPITRE 3 : MODE DE GESTION DU SYSTEME DE L'AEP

III.1 SITUATION ACTUELLE DU SYSTEME D'AEP DE ATI

Le système d'AEP de Ati est une extension depuis la construction du réseau. Les nouvelles infrastructures viendront notamment étendre les zones desservies.

Augmenter les capacités de production (forages) et construire un nouveau château plus volumineux.

Il existe un comité de gestion de l'AEP dirigé par une entreprise locale. Il s'agit d'une association de 26 membres. Mais ce comité n'arrive pas à bien gérer et rencontre quelques difficultés liées à la maintenance et le renouvellement des installations. Il s'agit notamment des défauts de paiement des consommateurs, défauts des volumes comptés etc.

III.2 BUT DE LA GESTION

La gestion d'alimentation en eau potable (ouvrage de production et de distribution) a pour objectif d'assurer :

- La pérennité des ouvrages par des options de conservation ;
- L'entretien courant des réseaux et des ouvrages mécaniques par des interventions de nettoyage, de dépannage et de maintenance ;
- L'exploitation par la régulation des débits et la synchronisation, relevage, traitement, stockage et distribution.

Les différents modes de gestion d'AEP sont :

III.2.1 Affermage

L'Etat a financé les équipements. Ceux-ci sont confiés à une entreprise (le Fermier) qui les fait fonctionner avec son personnel, mais l'Etat en reste propriétaire. Les abonnés paient, d'une part, le " prix - fermier " qui est la rémunération de l'entreprise fermière pour le service qu'elle rend et d'autre part, une surtaxe destinée à l'Etat pour lui permettre de payer les annuités des emprunts contractés relatifs aux équipements. C'est l'entreprise qui restitue périodiquement à l'Etat le produit de surtaxe. La durée de contrat d'affermage est normalement de 12 ans car l'entreprise a peu d'équipements à amortir dans l'affermage, les ouvrages nécessaires ne sont pas construits par le fermier mais mis à sa disposition l'état. Le fermier ne se voit donc confier que la seule exploitation du service.

III.2.2 Concession

L'entreprise a financé les équipements et les fait fonctionner avec son personnel. Elle se rémunère directement auprès des abonnés. La durée de contrat de concession est supérieure à la durée de l'affermage compte tenu de la nécessité pour l'entreprise d'amortir ses investissements. Dès la réalisation des installations par l'entreprise, l'Etat en devient propriétaire.

III.2.3 Gérance

L'Etat a financé les équipements et les a confiés à une entreprise qui les fait fonctionner avec son personnel. Les abonnés paient leurs factures soit au gérant qui verse la totalité à l'Etat, soit directement à l'Etat. En contrepartie, l'Etat rémunère le gérant.

III.2.4 Régie

L'Etat a financé les équipements et les fait fonctionner avec son personnel. Il se rémunère directement auprès des usagers. La régie peut prendre plusieurs formes : Service de l'Etat ; Autonomie financière ; Etablissement public ou Société d'Etat.

III.2.5 Gestion communautaire

La gestion est effectuée par les usagers eux-mêmes organisés en Comité ou Association des usagers. Le tableau N°20 donne les limites des modes de gestion énumérés ci-haut :

Tableau 19:Limites de mode de gestion

Mode de gestion	Avantages	Inconvénient
Régie	- Prix du mètre cube d'eau relativement moins cher - Possibilité d'accès à l'eau pour toute la commune	Problème de gérance des installations du système
Affermage	- Gestion par une entreprise compétente et autonome - Dispense la commune des frais de gestion, d'entretien et de maintenance	Risque de surfacturation du mètre cube d'eau
Concession	- Possibilité pour une commune dépourvue de moyen d'avoir un système d'aep - Assurance d'un bon service - Une bonne gestion des équipements pendant la période de concession	Problème de garantie de la durée de des installations
Gérance	Réduction du risque de mauvais recouvrement des recettes	Problème de définition des responsabilités vis-à-vis des installations
Gouvernance communautaire	- Implication directe des usagers de la gestion de l'eau - Fixation du prix du mètre cube par consensus	- Problème d'entente et de responsabilité - Risque de mauvaise gestion dans la comptabilité et la maintenance - Exigence de la formation du personnel de gestion

Au regard de ces différents avantages et inconvénients des modes de gestion nous remarquons que le mode de gestion par l'affermage est le plus approprié pour la gestion de l'AEP.

Donc le système d'AEP sera géré par un exploitant privé compétent délégué par les collectivités territoriales décentralisées (CTD).

L'exploitant privé est chargé d'exploiter l'ouvrage (vente de l'eau, collecte des recettes, entretien des infrastructures et maintenance des équipements). Ils doivent verser mensuellement une redevance à la commune et lui rendre compte de façon semestrielle de la gestion technique de l'AEP.

De façon générale la commune pourra avoir un regard sur les prix de vente de l'eau.

Aussi l'AUE travaille également en collaboration avec le gestionnaire de l'AEP afin d'assurer son attention au cas où il y aurait une surfacturation.

L'AUE doit disposer un statut et un règlement intérieur et sera reconnu par l'administration locale. Elle est dotée d'un bureau, qui est composé d'un président, d'un trésorier, d'un secrétaire général et de deux représentants.

Les usagers (consommateurs) paient le service de l'eau et assurent un usage rationnel de l'eau ainsi que la protection de l'environnement. Le paiement du service de l'eau est obligatoire pour tous les consommateurs, y compris l'administration, l'armée, les institutions territoriales, sociales, scolaires et religieuses.

CHAPITRE 4: COUT DU PROJET ET DU PRIX DE L'EAU

IV.1 LE COUT DU PROJET

Le coût du projet est estimé à **720 274 978 FCFA TTC** (Tout Taxe Comprise).

Les détails de calculs du coût sont consignés en ANNEXE N°11

IV.2 DÉTERMINATION DU PRIX DE L'EAU

La réussite d'une bonne gestion des ouvrages hydrauliques fait appel à plusieurs acteurs (les gestionnaires, les techniciens, la population bénéficiaire etc..).

Pour cela il est très fondamental que la population bénéficiaire soit impliquée.

Le prix de l'eau est calculé pour permettre au fermier de prendre en charge les charges d'exploitations, les amortissements de l'ensemble des ouvrages et équipements à l'horizon du projet.

Le prix de revient du mètre cube d'eau peut être estimé à partir de la formule suivante :

$$P_r = \frac{A+C}{V}$$

Avec **C** : les charges d'exploitation et d'entretien des équipements ;

A : l'amortissement des équipements à l'horizon du projet ;

V : le volume d'eau vendu ;

Pr : le prix de l'eau.

Nous avons ainsi estimé le prix de revient du mètre cube d'eau.

Hypothèses générales

Le projet est financé par le bailleur de fond et donc non à rembourser.

- 1ère variante

L'exploitation est laissée à la charge des bénéficiaires. Les dépenses sont payées à travers la vente de l'eau.

- 2ème variante

La population bénéficie d'une subvention de 20% sur le cout du pompage.

Evaluation des charges d'exploitations

Tableau 20: Evaluation des charges d'exploitations

Charges d'exploitations				
	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Salaire Fontainier	U/mois	20	35000	8400000
Branchement privé	U/mois	10	50000	6000000
salaire Technicien	U/mois	5	80000	4800000
Secrétaire	U/mois	1	50000	600000
Vigile	U/mois	1	40000	480000
Gestionnaire	U/mois	1	80000	960000
Caissier	U/mois	1	75000	900000
TOTAL				221400000

Evaluation de l'amortissement des équipements et installations

Tableau 21: Evaluation d'annuité des amortissements

Amortissement des équipements et ouvrages			
	Montant	Durée de vie	Annuité d'amortissement
Tête de forage	2000000	25	800000
groupe électrogène	50000000	10	50000000
pompes	56000000	10	56000000
château d'eau	25000000	40	6250000
accessoires électromécaniques	3000000	5	6000000
Bornes fontaines	2000000	30	666667
Bâtiments	2500000	25	1000000
Canalisations et accessoires des conduites	92374978	30	30791659
TOTAL			151 508 326

Evaluation du cout annuel de pompage

Le pompage journalier est de 16h.

La consommation du groupe électrogène est de 51,44 l/h.

1 litre de gasoil coûte 550 FCFA.

La consommation journalière en gasoil est calculée de la façon suivante :

$C_{\text{jgasoil}} = \text{temps de pompage} \times \text{consommation du groupe électrogène}$

$C_{\text{jgasoil}} = 822,4 \text{ FCFA}$

La consommation journalière de pompage

$C_{\text{jpompage}} = C_{\text{jgasoil}} \times \text{Prix du gasoil}$

$$C_{\text{jpompage}} = 452320 \text{ FCFA}$$

$$\text{Cout annuel de pompage} = 365 * C_{\text{jpompage}} * 1,05$$

$$\text{Cout annuel de pompage} = 1\,733\,516\,400 \text{ FCFA}$$

La somme des charges d'exploitations, des annuités d'amortissement, de la consommation en énergie nous donne : 2 106 424 726 FCFA

Nous prenons un coefficient de majoration de 20% (prise en compte des autres charges non évaluées). Ce qui nous donne une valeur de 421284945,2 FCFA.

La valeur totale des charges d'exploitations et des amortissements est : 2 527 709 671 FCFA.

Evaluation de la production d'eau

L'évaluation de la production d'eau vendue dépend de la consommation spécifique.

On a pris en compte les valeurs de la consommation spécifique.

Le taux d'actualisation est de 5%.

Tableau 22: Calcul du volume d'eau annuel

Année	Population	Volume d'eau vendu (m3)	Actualisation	Volume actualisé
2015	31393	1883,58	1	1883,58
2016	32178	1930,67	0,95	1838,73
2017	32982	1978,94	0,91	1794,95
2018	33807	2028,41	0,86	1752,22
2019	34652	2079,12	0,82	1710,50
2020	35518	2131,10	0,78	1669,77
2021	36406	2184,38	0,75	1630,01
2022	37316	2238,98	0,71	1591,20
2023	38249	2294,96	0,68	1553,32
2024	39206	2352,33	0,64	1516,34
2025	40186	2411,14	0,61	1480,23
TOTAL (volume en m3/an)				6723612,33

Ainsi le prix de l'eau est obtenu par l'opération suivante :

$$P_r = \frac{2\,527\,709\,671}{6723612,33} = 376 \text{ FCFA}$$

Le prix de vente de l'eau est donc estimé à **376 FCFA**.

- 2ème variante

La population bénéficie d'une subvention de 20% sur le cout du pompage.

Le coût annuel du pompage de la deuxième variante est donc égal 80% du cout annuel de la première variante ($C_{\text{pompage}} = 0,8 * 1\,733\,516\,400$)

Après calcul nous obtenons un prix de l'eau de **314 FCFA**.

CONCLUSION

Nous avons été impliqué dans une équipe de projet chez CIRA au Tchad et avons travaillé sur la conception du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au centre-nord du pays. Nous avons personnellement été impliqués dans la revue de l'étude technique du réseau de Ati.

La réalisation de ce projet d'AEP permettra d'atteindre l'objectif global qui est l'amélioration des conditions d'alimentation en eau potable, et d'assainissement qui conduira évidemment à l'amélioration des conditions de vie des populations.

Nous pouvons dire que l'amélioration de l'accès à l'eau potable passe par deux axes, à savoir:

- La mise d'eau potable à la disposition des populations par la réalisation d'ouvrages hydrauliques qui répondent aux normes et avec un prix de l'eau abordable;
- La prise de mesures d'accompagnement afin de s'assurer de la pérennité des ouvrages et de leur impact effectif sur la vie des populations.

Ainsi donc le projet d'AEP de la ville de Ati a été mené sur deux parties, d'une part la proposition d'un système optimisé qui soit adapté aux populations et, d'autre part, à une analyse des principaux problèmes rencontrés au niveau système d'AEP existant afin d'émettre des suggestions d'optimisation pour s'assurer de la pérennité du système.

Le prix de revient de l'eau de **380 FCFA** a été calculé en prenant en compte les charges d'exploitations, et l'amortissement des équipements.

La réussite du projet dépendra ainsi de l'implication effective des différents acteurs participant à la réalisation du projet.

Le cout total projet est de : **720 274 978 FCFA TTC.**

✓ Notes de recommandation à l'endroit de l'équipe du projet

Ce genre de projet est une occasion de transférer les compétences des experts internationaux vers les experts ou cadres locaux. A notre avis, ce projet ne maximise pas suffisamment le transfert de compétence car n'intégrant pas des ingénieurs de suivi de l'administration.

Il ne prévoit pas non plus de stagiaire, pourtant l'occasion est idéale pour former les jeunes diplômés à leur futur métiers.

L'intégration de ces aspects doit se faire depuis l'amont lors du montage entre l'Etat et les bailleurs.

✓ **Recommandation pour la bonne gestion des infrastructures**

Les infrastructures rurales ne sont bien gérées que lorsque les populations bénéficiaires sont impliquées à toutes les phases du projet.

C'est le lieu de préciser que le volet social du projet est plus indiqué et l'équipe du projet s'y est très bien pris. Une équipe de sept personnes travaillent activement à la sensibilisation, formation et implication des populations et autorités locales. Un tel travail doit continuer jusqu'à l'exploitation des infrastructures.

BIBLIOGRAPHIE

- Abadie J. (2004), Etudes géologiques et hydrogéologiques du Nord du Tchad, 45 p.
- KUSNIR, I. (2000), Géologie, ressources minérales et ressources en eau du Tchad, pp.52.
(PAACNT, 2011), 64 p.
- (MNCT, 2009), pp.39.
- (DREM, 2013), Climat du centre nord du Tchad, 48 p.
- (SDEA, 2003), Volume thématique2 Hydraulique urbaine et rurale pp.28
- (STE, 2011), Rapport technique sur les grands centres urbains, 21p.
- Bega O. (2011), Pompes et stations de pompage
- (DNH, 2013), Rapport technique des centres hors périmètre de la STE, 38p.
- Bega O. (2005), Ouvrages constitutifs des systèmes d'AEP : Adductions-Réservoirs-Réseaux de distribution
- Jacques B. (2012), Modélisation des Réseaux en charge AEP
- Denis Z. (2003), Cours d'approvisionnement en eau potable
- Amadou L. (2004), Cours Hydraulique à surface libre
- Tahir A. (2012), Adduction d'eau potable de la ville d'AMZOER, mémoire master2 2ie 27p.

ANNEXES

ANNEXE 1: Etats des arcs du réseau à 6 :00 Heures	II
ANNEXE 2: Etats de nœuds du réseau à 6 :00 Heures.....	IV
ANNEXE 3: Etats des arcs du réseau à 13:00 Heures	VI
ANNEXE 4: Etats des neouds du réseau à 13:00 Heures	VIII
ANNEXE 5: SCHEMA SYNOPTIQUE DU RESEAU	X
ANNEXE 6: COURBE CARACTERISTIQUE DE POME 1.....	XI
ANNEXE 7: COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 2.....	XII
ANNEXE 8: COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 3.....	XIII
ANNEXE 9: COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 4.....	XIV
ANNEXE 10: COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 5	XV
ANNEXE 11 : COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 6.....	XVI
ANNEXE 12: COURBE CARACTERISTIQUE DE LA POMPE DE REFOULEMENT	XVII
ANNEXE 13: DEVIS ESTIMATIF	XVIII
ANNEXE 14 : FACADE DU CHATEAU	XXII
ANNEXE 15: VUE EN PLAN DU RESEAU DE ATI.....	XXIII
ANNEXE 16 : SCHEMAS DES NOEUDS.....	XXIV
ANNEXE 17: SCHEMAS DES NOEUDS.....	XXV
ANNEXE 18: SCHEMAS DES NOEUDS.....	XXVI
ANNEXE 19: SCHEMAS DES NOEUDS.....	XXVII
ANNEXE 20: CARACTERISTIQUES DU GROUPE ELECTROGENE.....	XXVIII

ANNEXE 1: Etats des arcs du réseau à 6 :00 Heures

	Longueurs	Diamètres	Rugosités	Débits	Vitesses	Pert.Charge Unit.
ID Arc	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 1	600	315/285	0,01	40,23	0,52	0,71
Tuyau 2	380	250/226,6	0,01	39,43	0,8	2,1
Tuyau 3	800	225/203,4	0,01	38,63	0,97	3,37
Tuyau 4	300	110/99,4	0,01	0	0	0
Tuyau 5	410	225/203,4	0,01	37,24	0,94	3,15
Tuyau 6	610	225/203,4	0,01	36,44	0,92	3,02
Tuyau 7	380	225/203,4	0,01	35,64	0,9	2,9
Tuyau 9	1200	140/126,6	0,01	4,38	0,28	0,65
Tuyau 10	600	125/113	0,01	3,58	0,29	0,79
Tuyau 11	300	90/81,4	0,01	2,78	0,44	2,42
Tuyau 12	200	160/136,2	0,01	13,72	0,68	2,67
Tuyau 13	200	160/136,2	0,01	12,92	0,64	2,39
Tuyau 14	80	63/57	0,01	0,83	0,33	2,54
Tuyau 15	250	160/136,2	0,01	10,7	0,53	1,7
Tuyau 16	110	160/136,2	0,01	9,87	0,49	1,47
Tuyau 17	280	90/81,4	0,01	1,89	0,3	1,23
Tuyau 18	350	50/45,2	0,01	0,8	0,41	4,45
Tuyau 19	410	50/45,2	0,01	0,29	0,45	1,77
Tuyau 20	150	63/57	0,01	-0,51	0,36	0,67
Tuyau 21	115	75/67,8	0,01	-0,78	0,48	0,62
Tuyau 22	250	125/113	0,01	3,79	0,31	0,87
Tuyau 23	100	110/99,4	0,01	2,99	0,31	1,05
Tuyau 24	100	50/45,2	0,01	0,8	0,41	4,45
Tuyau 25	210	50/45,2	0,01	0,8	0,41	4,45
Tuyau 26	100	90/81,4	0,01	-2,12	0,33	1,5
Tuyau 27	90	90/81,4	0,01	-2,92	0,46	2,65
Tuyau 28	210	110/99,4	0,01	-7,58	0,8	5,58

Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

Tuyau 29	450	160/144,6	0,01	-15,35	0,76	3,27
Tuyau 30	900	225/203,4	0,01	19,49	0,49	0,97
Tuyau 31	120	160/144,6	0,01	6,94	0,35	0,78
Tuyau 32	180	160/144,6	0,01	6,14	0,31	0,63
Tuyau 33	210	110/99,4	0,01	4,75	0,5	2,41
Tuyau 34	90	90/81,4	0,01	3,83	0,6	4,3
Tuyau 35	200	90/81,4	0,01	2,78	0,44	2,42
Tuyau 36	210	63/57	0,01	-0,34	0,51	1,33
Tuyau 37	200	50/45,2	0,01	0,8	0,41	4,45
Tuyau 38	380	90/81,4	0,01	-2,53	0,4	2,05
Tuyau 39	220	63/57	0,01	0,83	0,30	1,58
Tuyau 40	150	125/113	0,01	-5,79	0,47	1,85
Tuyau 41	150	125/113	0,01	-6,59	0,54	2,34

ANNEXE 2:Etats de nœuds du réseau à 6 :00 Heures

ID Noeud	Débits (l/s)	Charges (m)	Pressions (m)
Noeud 2	0,8	423,89	26
Noeud 3	0,8	423,1	24,79
Noeud 4	0	420,4	22,3
Noeud 5	1,39	420,4	22,27
Noeud 6	0,8	419,11	20,88
Noeud 7	0,8	417,27	18,83
Noeud 8	0,8	416,17	29,54
Noeud 9	1,39	415,29	16,12
Noeud 10	0,8	414,51	15,43
Noeud 11	0,8	414,03	15,69
Noeud 12	2,78	413,31	14,1
Noeud 13	0,8	414,76	18,98
Noeud 14	1,39	414,28	20,18
Noeud 15	0,83	413,85	16,3
Noeud 16	1,39	413,69	16,59
Noeud 17	0,8	413,34	14,47
Noeud 18	2,78	413,06	14,34
Noeud 19	0,8	412,84	15,3
Noeud 20	0,8	412,29	16,32
Noeud 21	0,8	411,8	14,97
Noeud 22	0,83	414,69	15,61
Noeud 23	0,83	413,13	16,24
Noeud 24	0,8	413,28	15,83
Noeud 25	0,83	413,52	17,67
Noeud 26	2,78	412,65	16,36
Noeud 27	1,39	413,13	16,82
Noeud 28	0,8	412,31	15,97
Noeud 29	1,39	413,2	16,05
Noeud 30	1,39	414,49	17,6

Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

Noeud 31	1,39	413,98	19,24
Noeud 32	0,8	411,79	14,69
Noeud 33	0,8	413,35	15,49
Noeud 34	0,8	413,03	17,07
Noeud 35	0,8	414,6	20,34
Noeud 36	0,83	413,63	16,1
Noeud 37	0,83	414,07	18,97
Noeud 38	1,39	412,74	16,22
Réservoir 1	40,23	424,32	4

ANNEXE 3: Etats des arcs du réseau à 13:00 Heures

	Longueurs	Diamètres	Rugosités	Débits	Vitesses	Pert.Charge Unit.
ID Arc	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 1	600	315/285	0,01	40,23	0,32	0,51
Tuyau 2	380	250/226,6	0,01	39,43	0,6	1,9
Tuyau 3	800	225/203,4	0,01	38,63	0,77	3,17
Tuyau 4	300	110/99,4	0,01	0	0	0
Tuyau 5	410	225/203,4	0,01	37,24	0,74	2,95
Tuyau 6	610	225/203,4	0,01	36,44	0,72	2,82
Tuyau 7	380	225/203,4	0,01	35,64	0,7	2,7
Tuyau 9	1200	140/126,6	0,01	4,38	0,38	1,72
Tuyau 10	600	125/113	0,01	3,58	0,31	1,59
Tuyau 11	300	90/81,4	0,01	2,78	0,34	2,22
Tuyau 12	200	160/136,2	0,01	13,72	0,48	2,47
Tuyau 13	200	160/136,2	0,01	12,92	0,44	2,19
Tuyau 14	80	63/57	0,01	0,83	0,3	2,34
Tuyau 15	250	160/136,2	0,01	10,7	0,33	1,5
Tuyau 16	110	160/136,2	0,01	9,87	0,29	1,27
Tuyau 17	280	90/81,4	0,01	1,89	0,36	1,03
Tuyau 18	350	50/45,2	0,01	0,8	0,41	4,25
Tuyau 19	410	50/45,2	0,01	0,29	0,45	1,57
Tuyau 20	150	63/57	0,01	-0,51	0,55	0,47
Tuyau 21	115	75/67,8	0,01	-0,78	0,29	1,05
Tuyau 22	250	125/113	0,01	3,79	0,39	0,67
Tuyau 23	100	110/99,4	0,01	2,99	0,45	0,85
Tuyau 24	100	50/45,2	0,01	0,8	0,37	4,25
Tuyau 25	210	50/45,2	0,01	0,8	0,55	4,25
Tuyau 26	100	90/81,4	0,01	-2,12	0,48	1,3
Tuyau 27	90	90/81,4	0,01	-2,92	0,69	2,45
Tuyau 28	210	110/99,4	0,01	-7,58	0,6	5,38

Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

Tuyau 29	450	160/144,6	0,01	-15,35	0,56	3,07
Tuyau 30	900	225/203,4	0,01	19,49	0,29	0,77
Tuyau 31	120	160/144,6	0,01	6,94	0,73	0,58
Tuyau 32	180	160/144,6	0,01	6,14	0,71	0,43
Tuyau 33	210	110/99,4	0,01	4,75	0,3	2,21
Tuyau 34	90	90/81,4	0,01	3,83	0,4	4,1
Tuyau 35	200	90/81,4	0,01	2,78	0,35	2,22
Tuyau 36	210	63/57	0,01	-0,34	0,62	2,13
Tuyau 37	200	50/45,2	0,01	0,8	0,49	4,25
Tuyau 38	380	90/81,4	0,01	-2,53	0,64	1,85
Tuyau 39	220	63/57	0,01	0,83	0,51	1,38
Tuyau 40	150	125/113	0,01	-5,79	0,32	1,65
Tuyau 41	150	125/113	0,01	-6,59	0,34	2,14

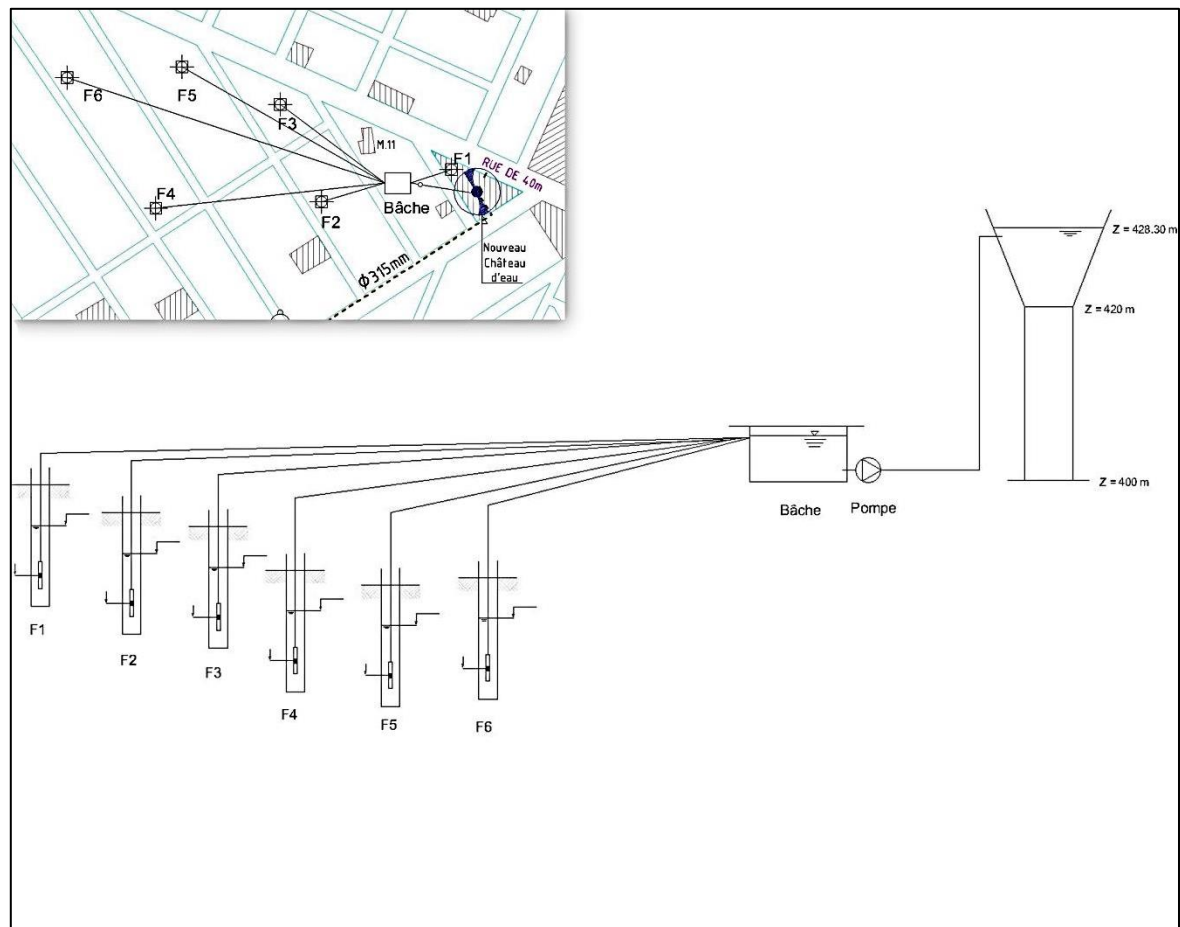
ANNEXE 4: Etats des neuds du réseau à 13:00 Heures

ID Noeud	Débits (l/s)	Charges (m)	Pressions (m)
Noeud 2	0,8	421,89	23
Noeud 3	0,8	421,1	21,79
Noeud 4	0	418,4	19,3
Noeud 5	1,39	418,4	19,27
Noeud 6	0,8	417,11	17,88
Noeud 7	0,8	415,27	15,83
Noeud 8	0,8	414,17	26,54
Noeud 9	1,39	413,29	13,12
Noeud 10	0,8	412,51	12,43
Noeud 11	0,8	412,03	12,69
Noeud 12	2,78	411,31	11,1
Noeud 13	0,8	412,76	15,98
Noeud 14	1,39	412,28	17,18
Noeud 15	0,83	411,85	13,3
Noeud 16	1,39	411,69	13,59
Noeud 17	0,8	411,34	11,47
Noeud 18	2,78	411,06	11,34
Noeud 19	0,8	410,84	12,3
Noeud 20	0,8	410,29	13,32
Noeud 21	0,8	410,3	11,97
Noeud 22	0,83	412,69	12,61
Noeud 23	0,83	411,13	13,24
Noeud 24	0,8	411,28	12,83
Noeud 25	0,83	411,52	14,67
Noeud 26	2,78	410,65	13,36
Noeud 27	1,39	411,13	13,82
Noeud 28	0,8	410,31	12,97
Noeud 29	1,39	411,2	13,05
Noeud 30	1,39	412,49	14,6

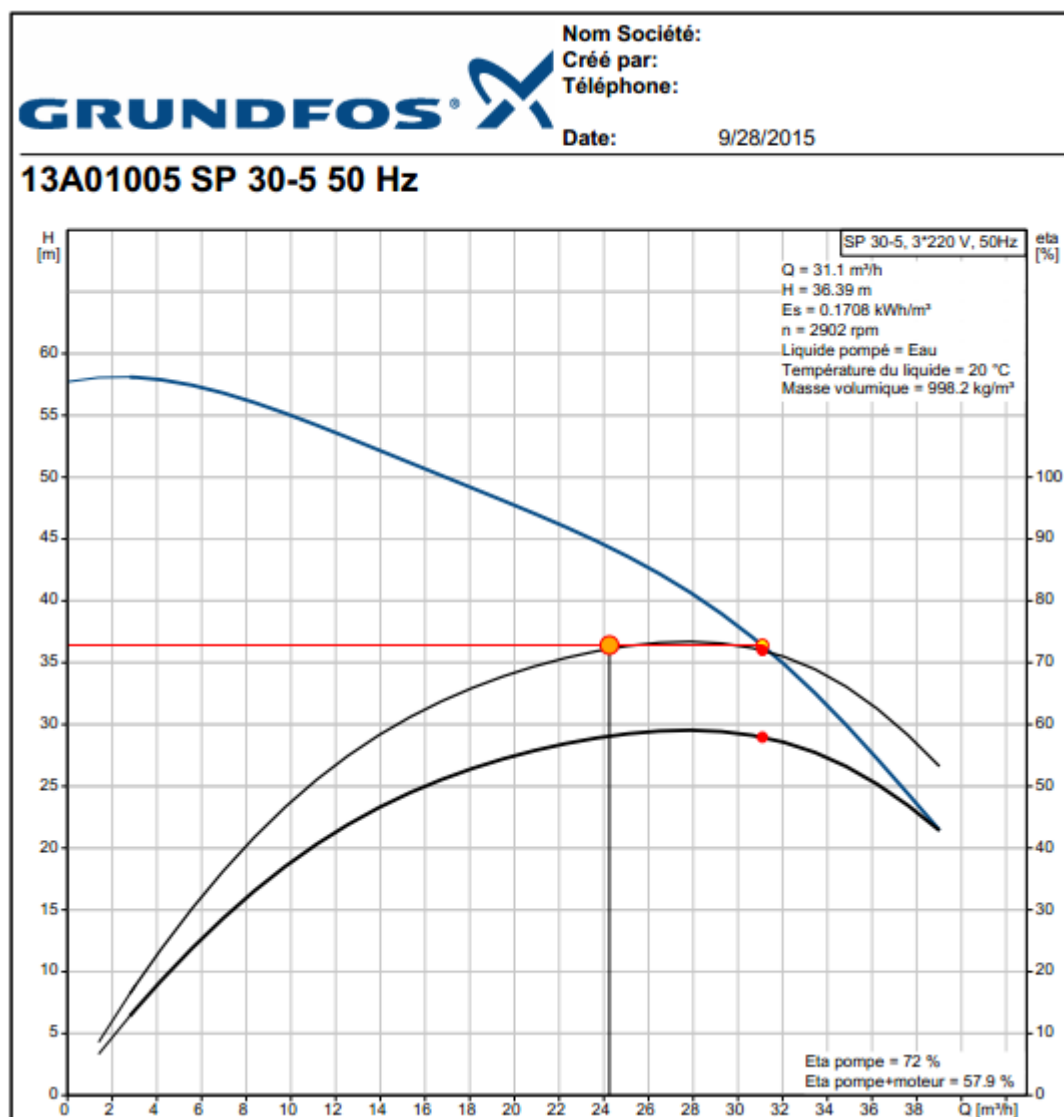
Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

Noeud 31	1,39	411,98	16,24
Noeud 32	0,8	409,79	11,69
Noeud 33	0,8	411,35	12,49
Noeud 34	0,8	411,03	14,07
Noeud 35	0,8	412,6	17,34
Noeud 36	0,83	411,63	13,1
Noeud 37	0,83	412,07	15,97
Noeud 38	1,39	410,74	13,22
Réservoir 1	40,23	422,32	2

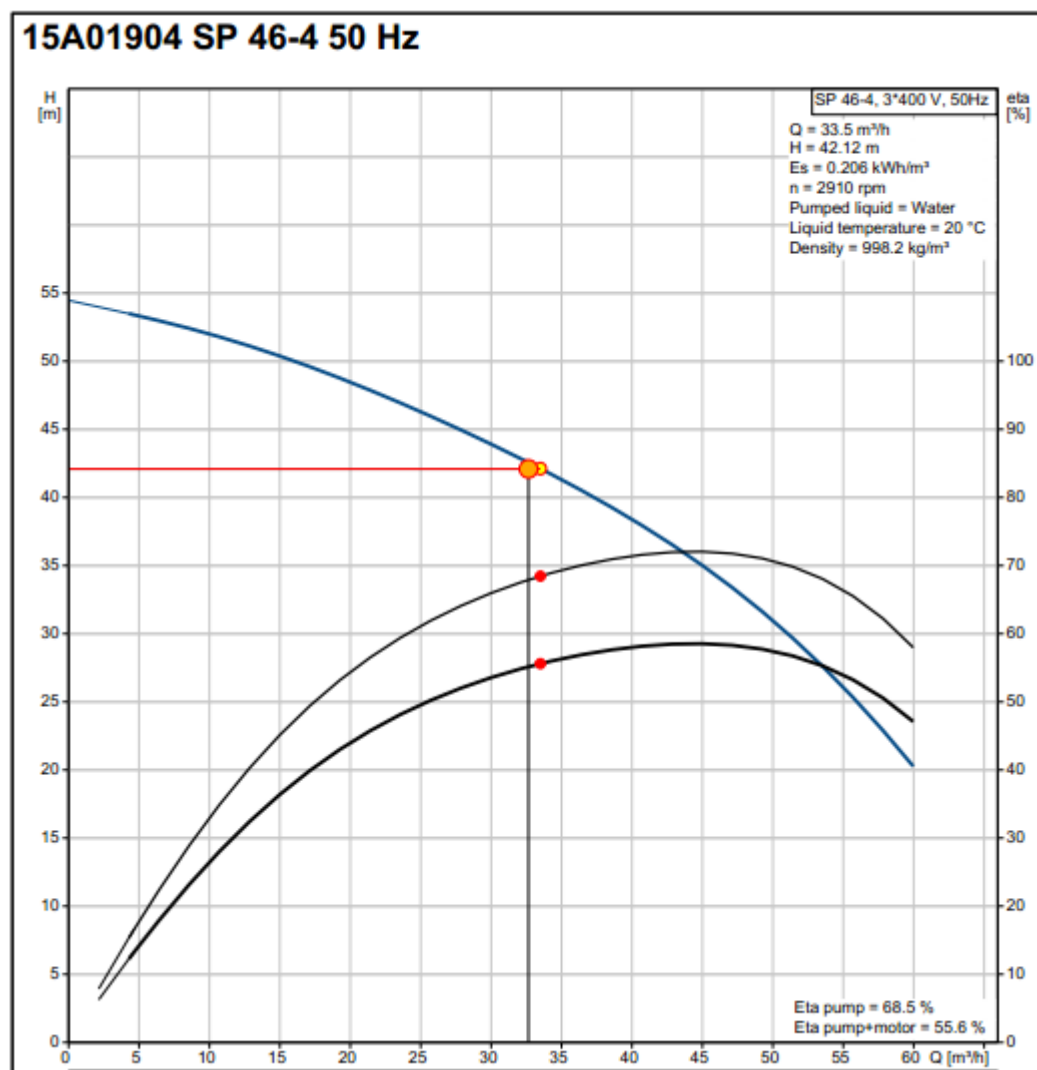
ANNEXE 5:SCHEMA SYNOPTIQUE DU RESEAU



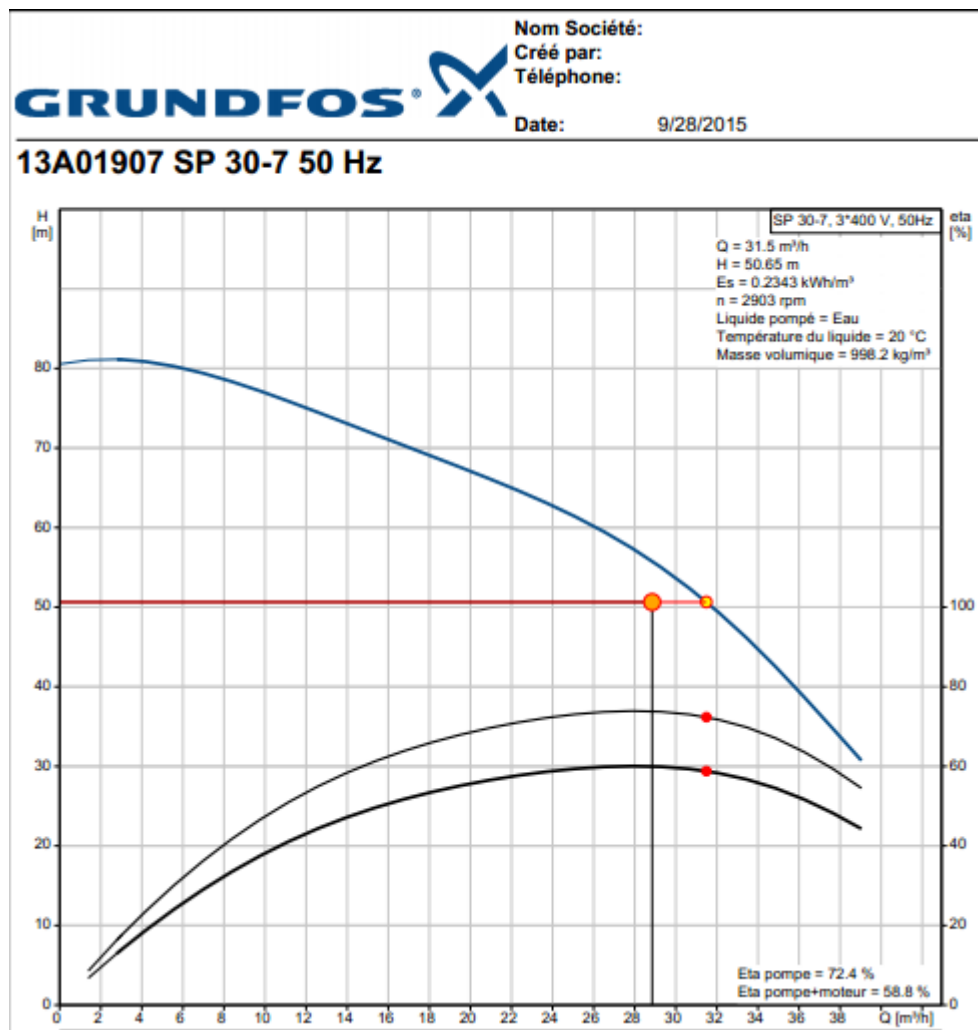
ANNEXE 6: COURBE CARACTERISTIQUE DE POME 1



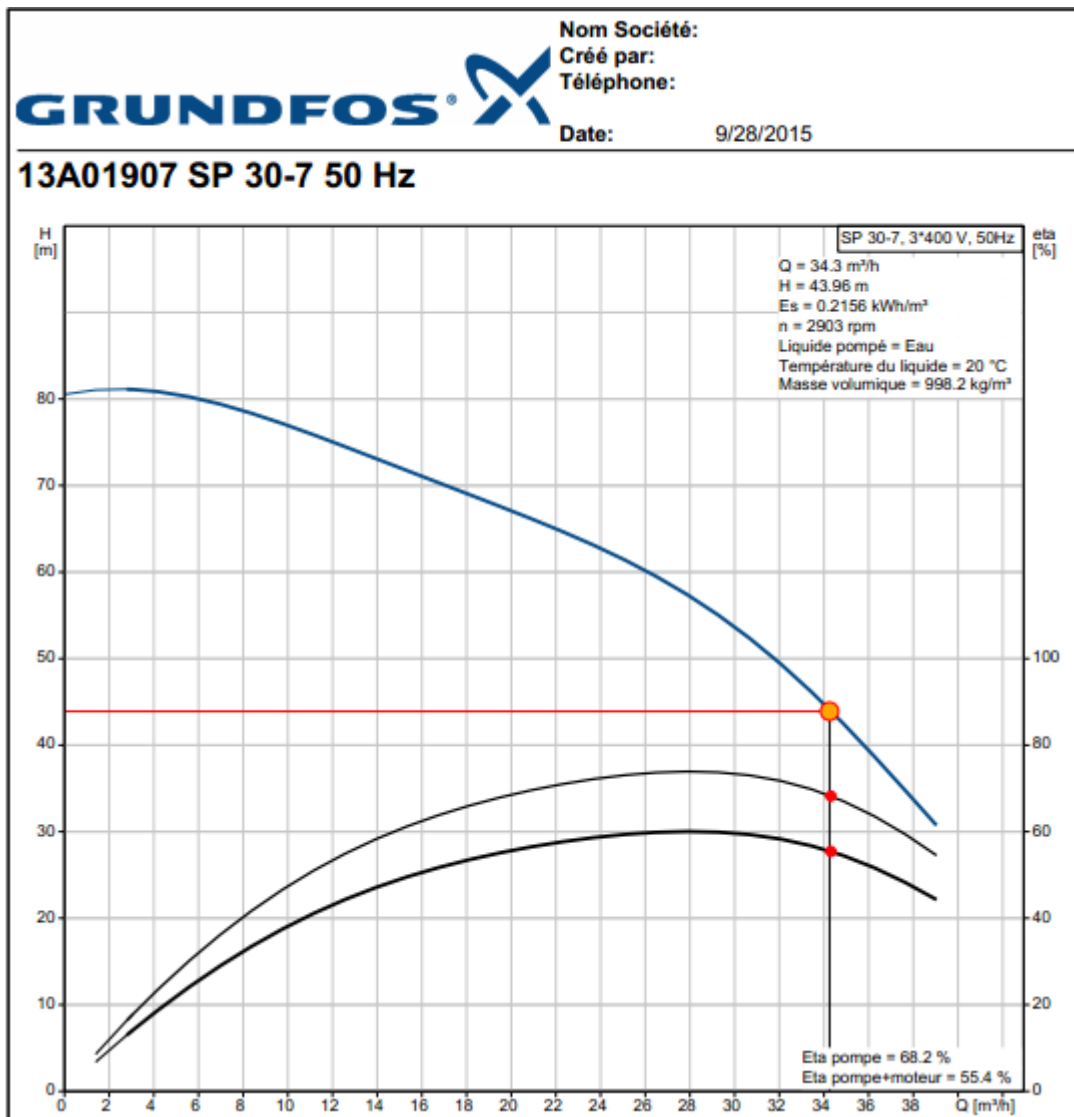
ANNEXE 7: COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 2



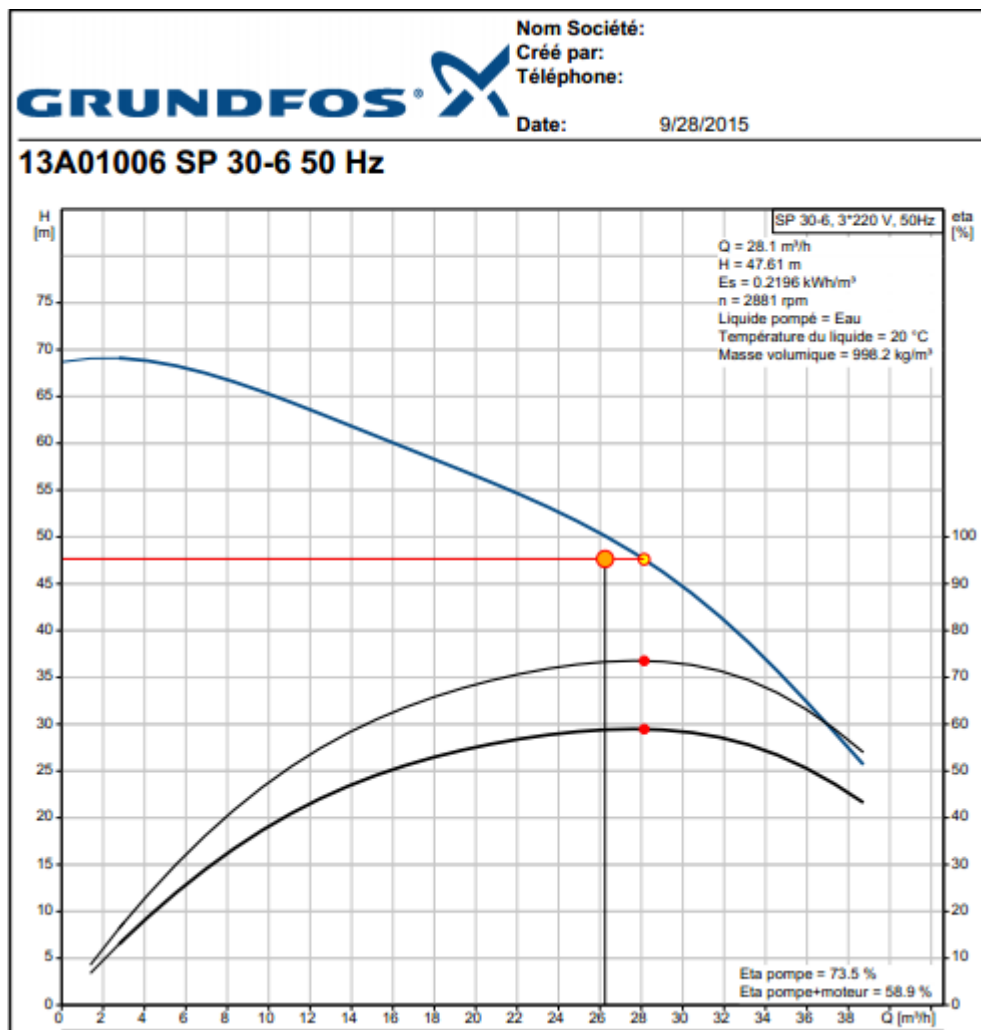
ANNEXE 8: COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 3



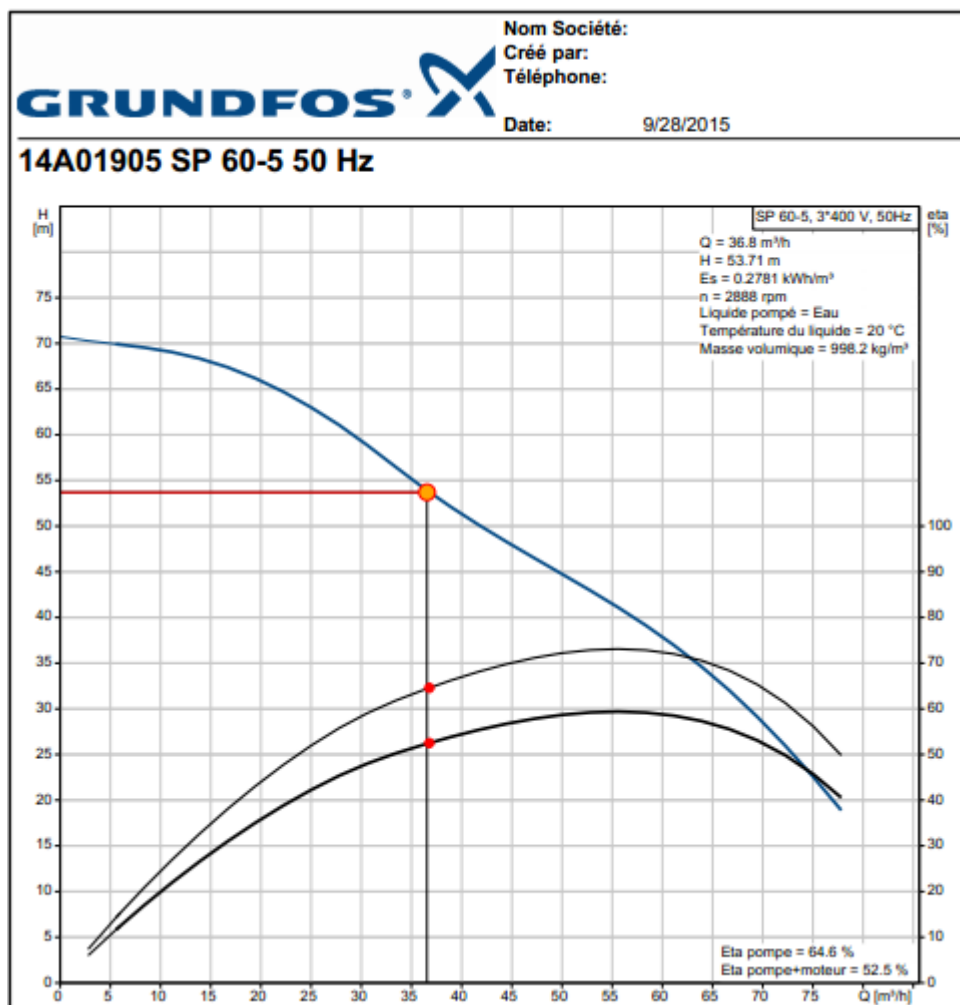
ANNEXE 9: COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 4



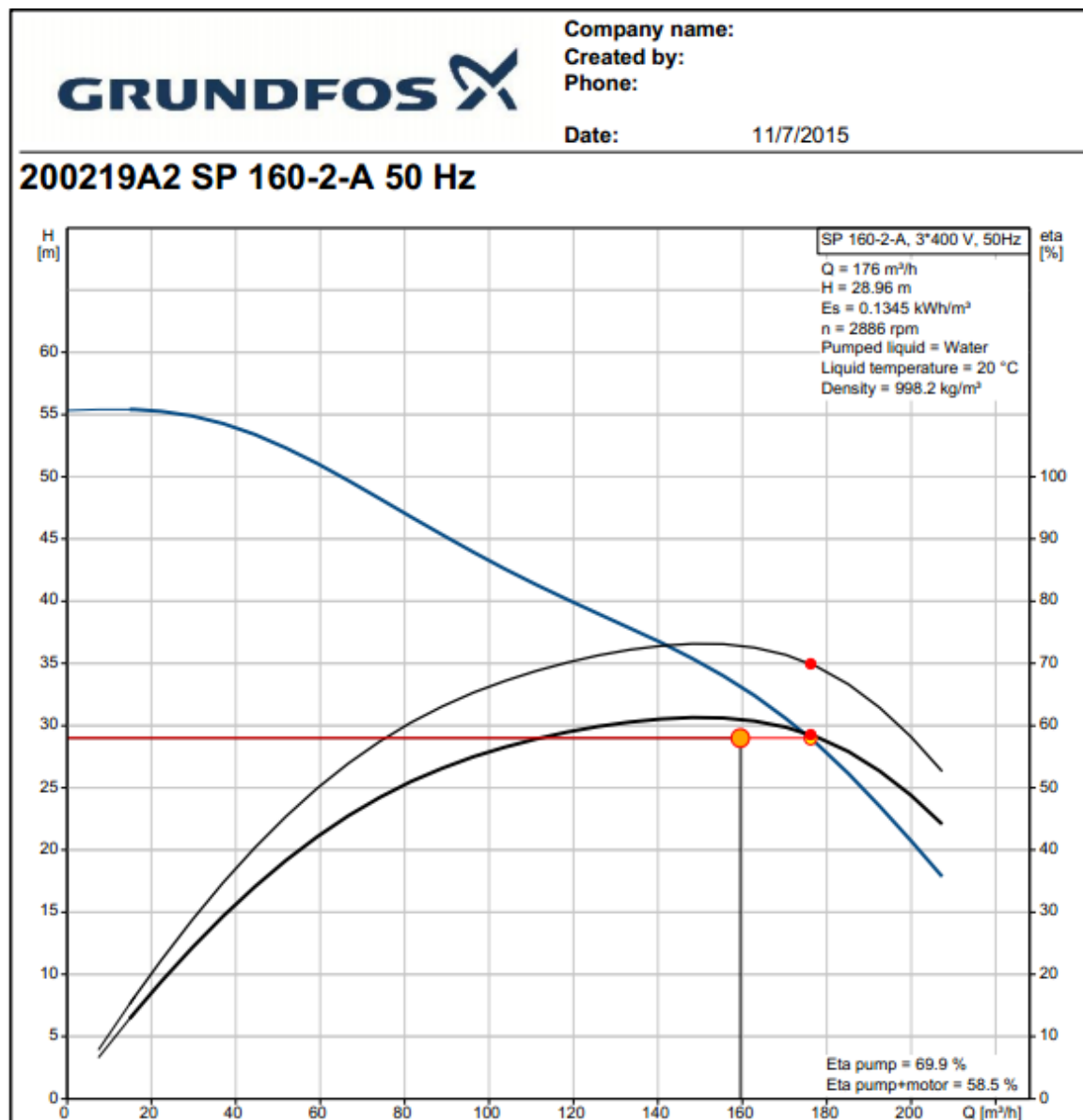
ANNEXE 10: COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 5



ANNEXE 11 : COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE 6



ANNEXE 12: COURBE CARACTERISTIQUE DE LA POMPE DE REFOULEMENT



Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

ANNEXE 13: DEVIS ESTIMATIF

N°		Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Montant total(FCFA)
I	INSTALLATION DU CHANTIER - FRAIS GENERAUX				
I.1	Installation et repli de chantier	FF	1	5 000 000	5 000 000
Total I					5 000 000
II	FOURNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION				
II.1	Ouvrage de captage				
II.1.1	Construction de la tête de forage	ens	1	5 000 000	5 000 000
II.1.2	Analyse d'eau (chimique et bactériologique)	FF	1	300 000	300 00
II.2	Conduite de refoulement				
II.2.1	Fourniture et pose des équipements aériens en tête de forage	ens	1	2 000 000	2 000 000
II.2.2	Fourniture et pose de conduite de refoulement DN 125 PN 10	ml	460	8 856	4 073 760
II.2.3	Fourniture et pose de conduite de refoulement DN 140 PN 10	ml	1054	6 556	6 910 024
II.2.4	Fourniture et pose de conduite de refoulement DN 160 PN 10	ml	1530	5 248	8 029 440
II.2.5	Fourniture et pose de conduite de refoulement DN 315 PN 10	ml	480	10 496	5 038 080
II.2.6	Grillage avertisseur couleur bleu	ml	3524	281	989 892
II.2.7	Raccordement à la colonne d'alimentation de la bache et du réservoir (fourniture et pose)	U	2	50 000	100 000
II.2.8	Fouille pour conduite DN 125 PN10	m^3	299	2 500	747 500
II.2.9	Fouille pour conduite DN 140 PN10	m^3	685,1	2 500	1 712 750
II.2.10	Fouille pour conduite DN 160 PN10	m^3	994,5	2 500	2 486 250
II.2.11	Fouille pour conduite DN 315 PN10	m^3	340,8	2 500	852 000
II.3	Station de pompage				
II.3.1	Aménagement de terrain, construction de l'abri et clôture grillagée pour les pompes	FF	6	500 000	3000 000
II.3.2	Fourniture et installation de l'électropompe immergée de 5,5 kw	U	1	5 000 000	5 000 000
II.3.3	Fourniture et installation de l'électropompe immergée de 5,5 kw	U	1	5 000 000	5000 000

Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

II.3.4	Fourniture et installation de l'électropompe immergée de 5,5 kw	U	1	5 000 000	5000 000
II.3.5	Fourniture et installation de l'électropompe immergée de 7,5 kw	U	1	5 000 000	5000 000
II.3.6	Fourniture et installation de l'électropompe immergée de 5,5 kw	U	1	5 000 000	5000 000
II.3.7	Fourniture et installation de l'électropompe immergée de 9,2 kw	U	1	6 000 000	6000 000
II.3.5	Fourniture et installation de l'électropompe de surface de 26 kw	U	1	25 000 000	25000 000
II.3.7	Fourniture et installation de groupe électrogène de 200 Kva y compris raccordement	U	1	50 000 000	50 000 000
II.3.8	Fourniture et pose de système de protection des installations	ens	1	1 000 000	1 000 000
Total II					148 239 696
III	CONSTRUCTION ET EQUIPEMENT DU CHÂTEAU D'EAU ET DE LA BÂCHE				
III.1	Aménagement de terrain, fourniture et pose de grillage de clôture	FF	1	500 000	500 000
III.2	Etudes géotechniques pour fondation du château d'eau	FF	1	1 000 000	1 000 000
III.3	Construction de château	U	1	250 000 000	250 000 000
III.4	Construction de bâche	U	1	7 000 000	7 000 000
III.5	Fouille pour construction de la bâche	FF	1	500 000	
III.6	Fourniture et pose de tuyaux et raccords de la colonne d'alimentation	FF	1	200 000	200 000
III.7	Fourniture et pose de tuyaux et raccords de la colonne de distribution	FF	1	250 000	250 000
III.8	Fourniture et pose d'accessoires de by-pass et de vidange	FF	1	80 000 000	80 000 000
III.9	Fourniture et pose d'un système de chloration (diffuseur, pastilles aux dérivés chlorés)	U	1	600 000	600 000
III.10	Fourniture et pose de matériel de comptage	FF	1	150 000	150 000
Total III					339 700 000
IV	FOURNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE DISTRIBUTION				
IV.1	Fourniture et pose de conduites				
IV.1.1	Conduite en PVC 315 PN 10	ml	455	3 000	1 365 000

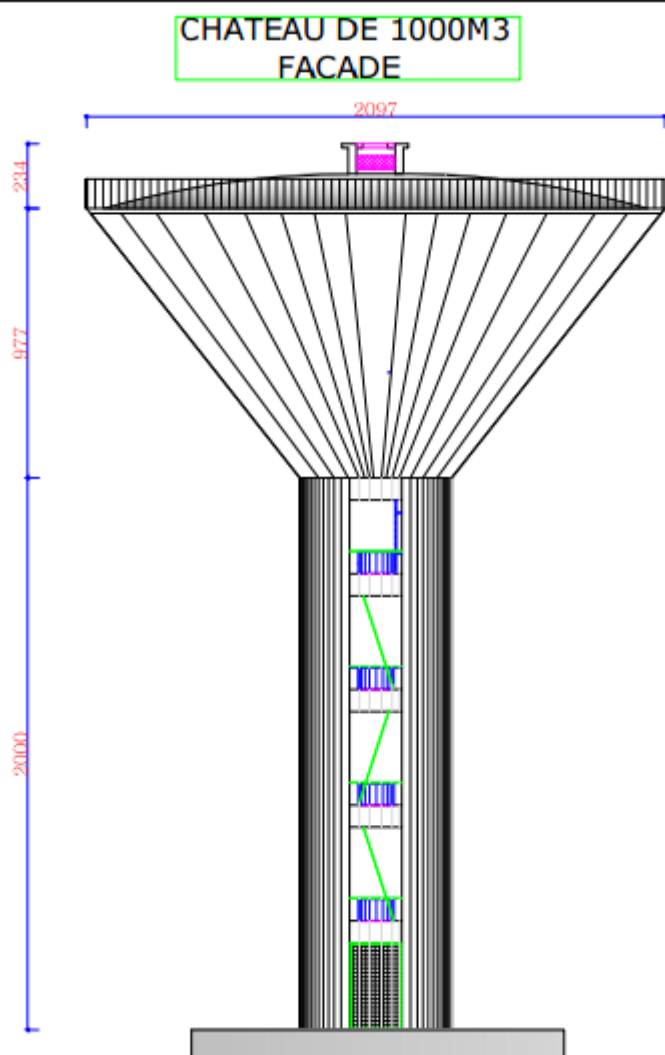
Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

IV.1.2	Conduite en PVC 250 PN 10	ml	660	3 000	1 980 000
IV.1.3	Conduite en PVC 225 PN 10	ml	2810	3 500	9 835 000
IV.1.4	Conduite en PVC 160 PN 10	ml	6310	3 500	22 085 000
IV.1.5	Conduite en PVC 110 PN 10	ml	300	4 750	1 425 000
IV.1.6	Grillage avertisseur couleur bleu	ml	10535	281	2 959 282
IV.2	Fouille en terrains				
IV.2.1	Fouille pour conduite PVC DN 315	m ³	295,75	3 000	887 250
IV.2.2	Fouille pour conduite PVC DN 250	m ³	429	3 000	1 287 000
IV.2.3	Fouille pour conduite PVC DN 225	m ³	1826,5	2 500	4 566 250
IV.2.4	Fouille pour conduite PVC DN 160	m ³	4101,5	2 500	10 253 750
IV.2.5	Fouille pour conduite PVC DN 110	m ³	217,5	2 500	543 750
V.3	Fourniture et pose de pièces spéciales et accessoires en PVC				
V.3.3	Coude DN 160	U	1	25 000	25 000
V.3.4	Coude DN 160	U	1	25 000	25 000
V.3.5	Coude DN 160	U	1	25 000	25 000
V.3.6	Coude DN 160	U	1	25 000	25 000
V.3.7	Cône Réducteur 315/250	U	1	5 000	5 000
V.3.8	Cône Réducteur 225/160	U	1	5 000	5 000
V.3.9	Cône Réducteur 160/110	U	1	4 000	4 000
V.3.10	Cône Réducteur 225/160	U	1	4 500	4 500
V.3.11	Té à emboitement PVC 315/315/315	U	1	62 000	62 000
V.3.12	Té à emboitement PVC 225/225/225	U	5	12 500	62 500
V.3.13	Té à emboitement PVC 160/160/160	U	5	21 000	105 000
V.3.14	Té à emboitement PVC 110/110/110	U	2	18 000	36 000
V.3.21	Butée	U	18	7 000	126 000
V.4	Accessoires sur réseau: robinets vannes, ventouses et vidanges				
V.4.1	Robinet vanne DN 250	U	2	146 000	292 000

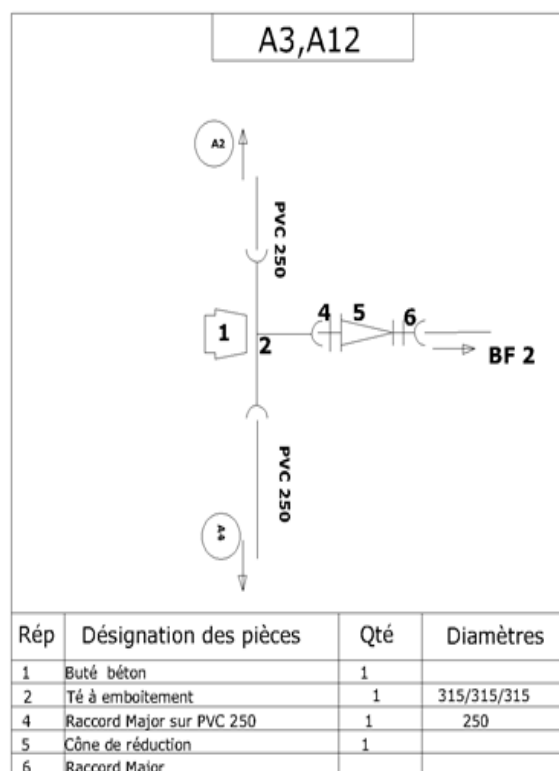
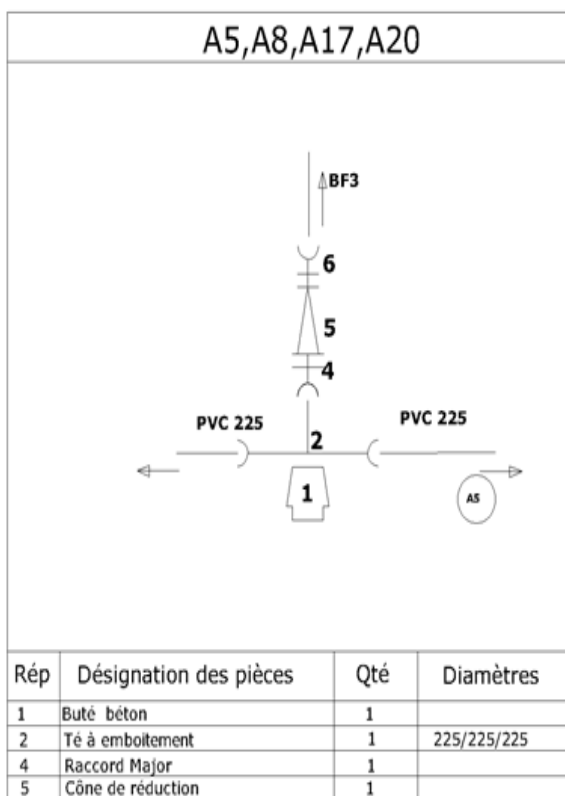
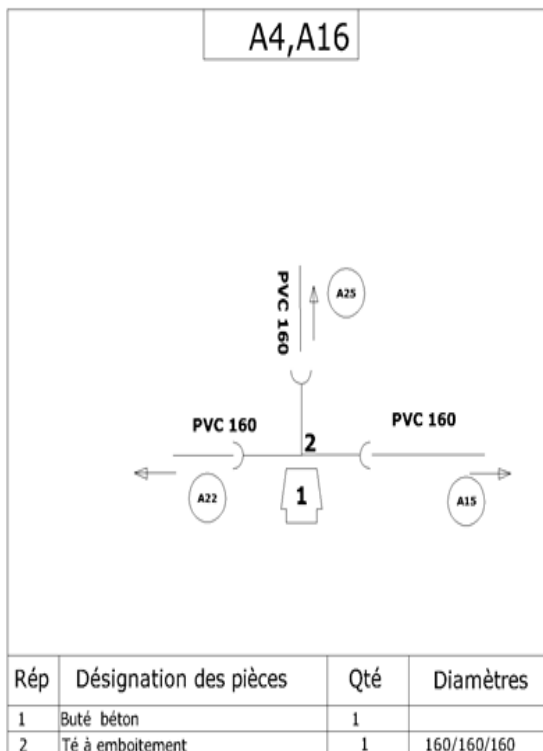
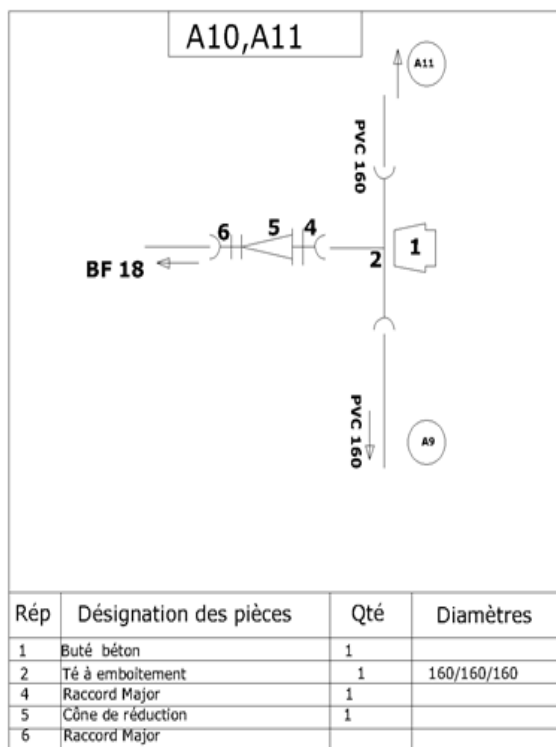
Etude du système d'alimentation en eau potable de la ville de Ati au Tchad

V.4.2	Robinet vanne DN 225	U	3	128 000	384 000
V.4.2	Robinet vanne DN 160	U	3	122 000	366 000
V.4.3	Robinet vanne DN 110	U	1	96 000	96 000
V.4.5	Fourniture et pose de ventouse	U	2	300 000	600 000
	TOTAL IV				
VI	OUVRAGES ANNEXES ET PRESTATIONS DIVERSES				
VI.1	Construction du local d'exploitation (Bureau, magasin, mur de clôture)	FF	1	1 400 000	1 400 000
VI.2	Construction du local pour le groupe électrogène	FF	1	1 000 00	1 000 000
VI.3	Branchement et construction de bornes fontaines sur réseau	U	20	1 000 000	20 000 000
VI.4	Branchement et construction de branchement privé	FF	1500	100 000	150 000 000
Total					720 274 978

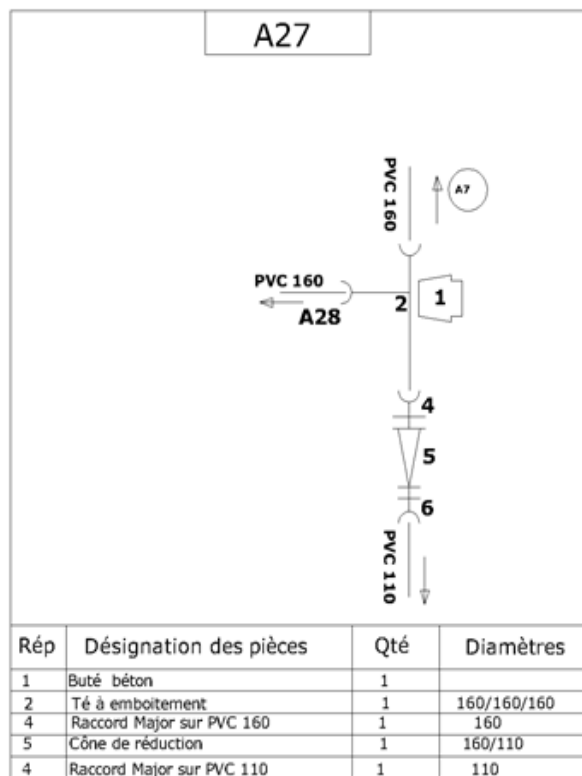
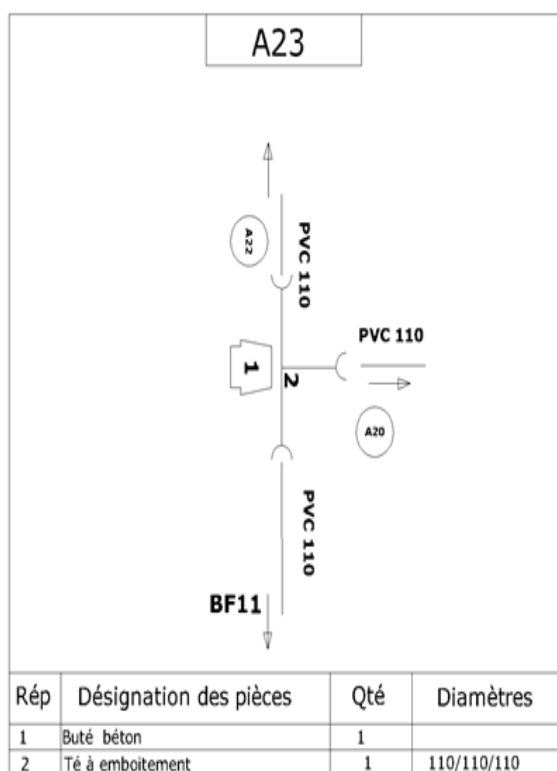
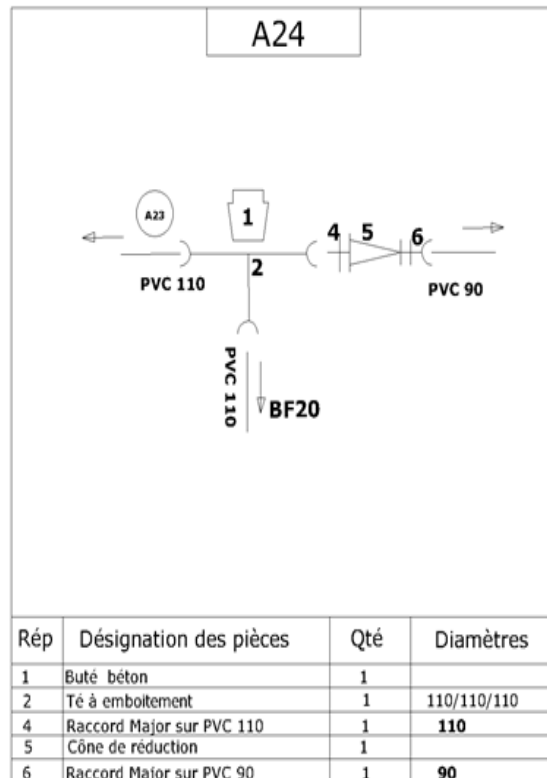
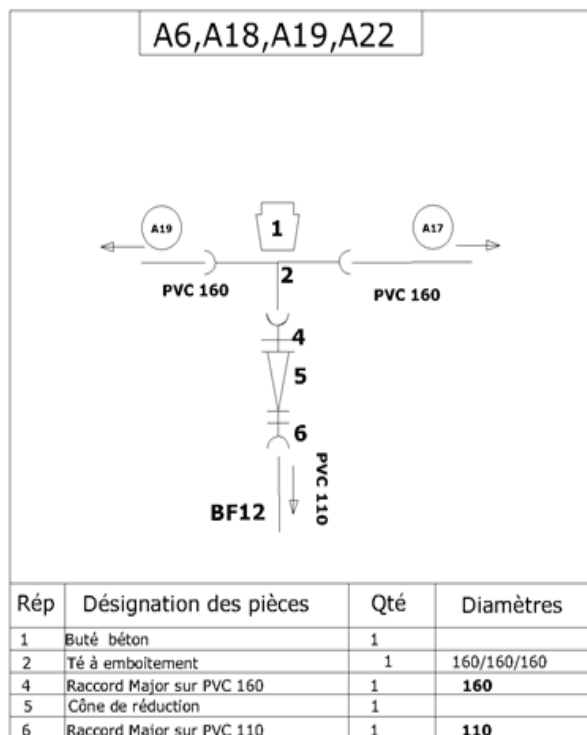
ANNEXE 14 : FACADE DU CHATEAU



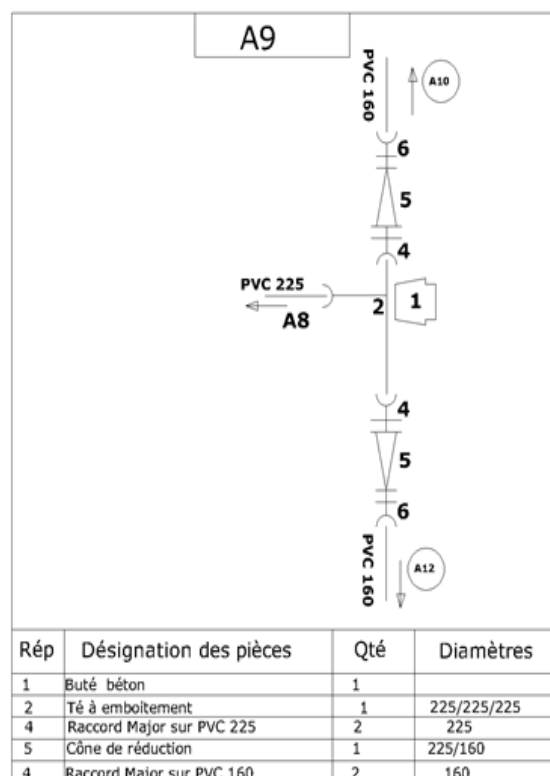
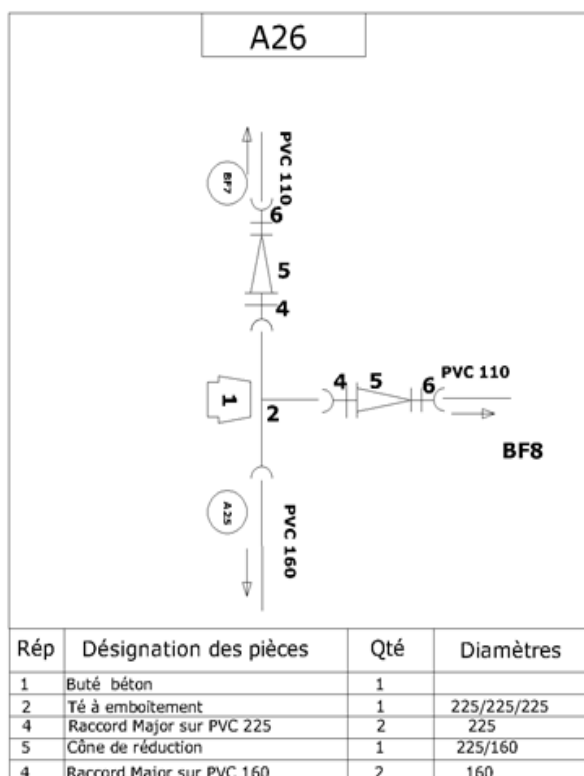
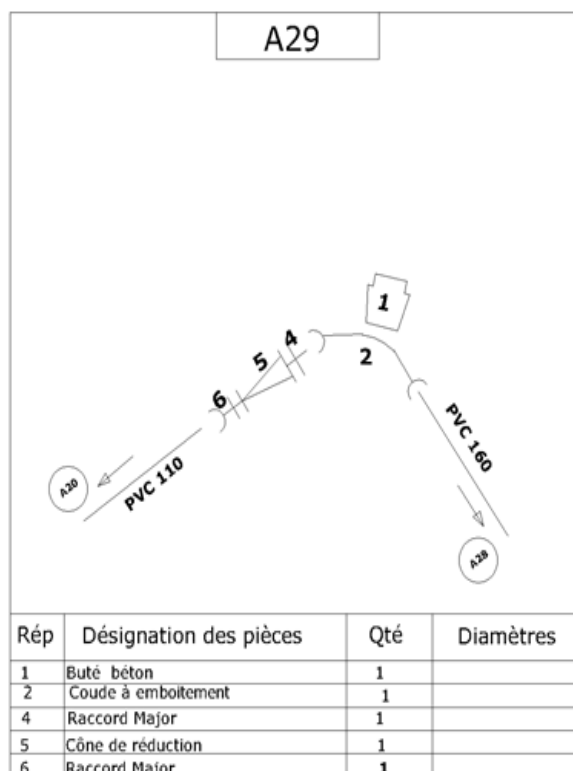
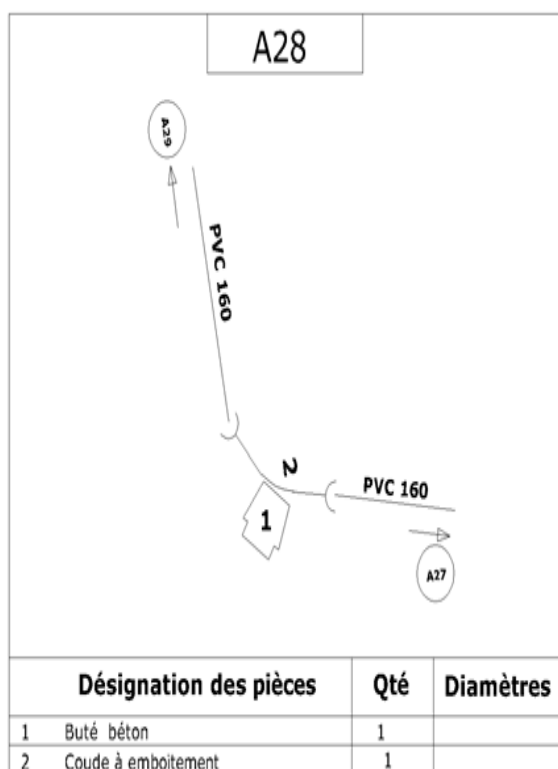
ANNEXE 16 : SCHEMAS DES NOEUDS



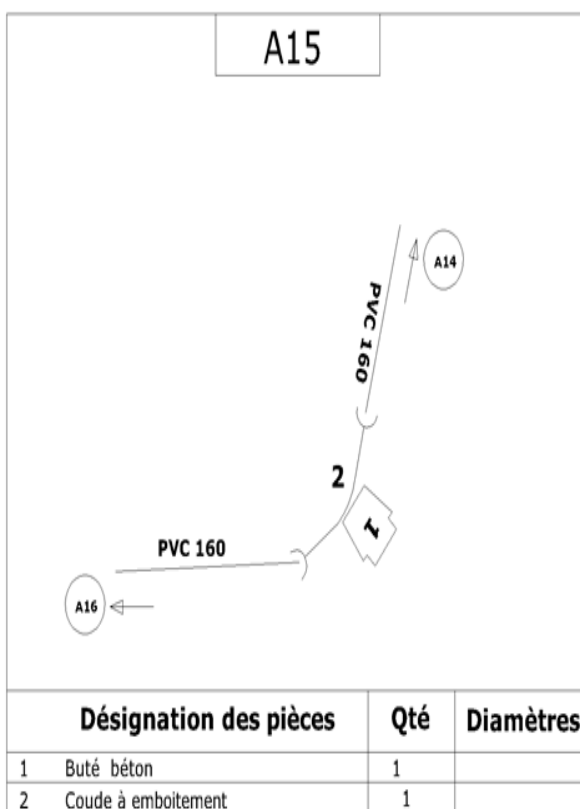
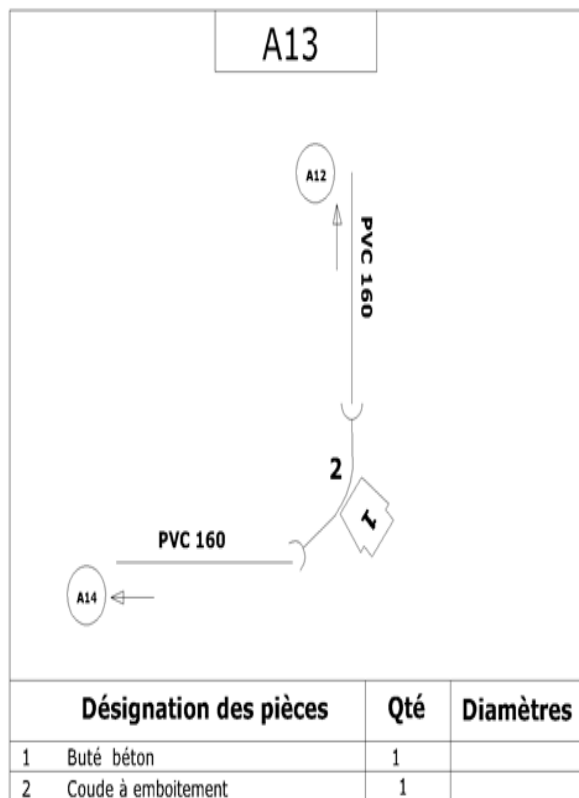
ANNEXE 17: SCHEMAS DES NOEUDS



ANNEXE 18: SCHEMAS DES NOEUDS



ANNEXE 19: SCHEMAS DES NOEUDS



ANNEXE 20: CARACTERISTIQUES DU GROUPE ELECTROGENE



J250K

CARACTÉRISTIQUES MOTEUR

DONNEES GENERALES Moteur

Marque moteur	JOHN DEERE
Réf. moteur	6068HFS55-228
Type aspiration	Turbo
Disposition des cylindres	L
Nombre de cylindres	6
Cylindrée (L)	6,72
Refroidissement air admission	Air/Water DC
Alésage (mm) x Course (mm)	106 x 127
Taux de compression	17 : 1
Vitesse (RPM)	1500
Vitesse de pistons (m/s)	6,35
Puissance ESP (kW)	228
Classe de régulation (%)	+/- 0.5%
BMEP (bar)	24,63
Type de régulation	Electronique

SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

Capacité moteur et radiateur (L)	
Température d'eau max (C°)	110
Température d'eau en sortie (C°)	
Puissance ventilateur (kW)	
Débit d'air ventilateur Dp=0 (m3/s)	
Contrepression disponible sur air (mm CE)	
Type de réfrigérant	Glycol-Ethylene
Thermostat HT (C°)	85-97

EMISSIONS

Emission PM (g/kW.h)	0,045
Emission CO (g/kW.h)	
Emission HC+NOx (g/kW.h)	
Emission HC (g/kW.h)	0,115

ECHAPPEMENT

Température des gaz d'échappement (C°)	530
Débit de gaz d'échappement (L/s)	577
Contre-pression echappement (mm CE)	750

CARBURANT

Conso. 110% charge (L/h)	51,40
Conso. 100% charge (L/h)	51,40
Conso. 75% charge (L/h)	35,90
Conso. 50% charge (L/h)	24,40
Débit max. pompe fuel (L/h)	

HUILE

Capacité huile (L)	
Pression huile mini (bar)	
Pression huile maxi (bar)	
Conso. d'huile 100% charge (L/h)	
Capacité huile carter (L)	

BILAN THERMIQUE

Chaleur rejetée dans l'échappement (kW)	151
Chaleur rayonnée (kW)	23
Chaleur rejetée dans l'eau (kW)	88

AIR D'ADMISSION

Contre pression d'admission max (mm CE)	375
Débit d'air combustion (L/s)	