



ZiE Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT**

OPTION : AEP/ EAU SOUTERRAINE

THEME :

**Elaboration d'un modèle d'étude technique de système simplifié d'AEP
pour l'équipement des centres ruraux de la région de Mandoul
(Tchad), exemple d'application pour le centre de BARA II**

Présenté et soutenu publiquement le 04 / 10/ 2012

Par : **ALI AMINAMI MAHAMAT**

Travaux dirigés par : **M. Bèga OUEDRAOGO**
Enseignant du 2^{ie}, UTER : GVEA

Membre du Jury:

Président : Anderson ADRIANISA

Membres et correcteurs : Moussa OUEDRAOGO
Bèga OUEDRAOGO
Tadjouwa KOUAWA

Octobre 2012



DEDICACE

A

Ma famille

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier particulièrement notre encadreur Monsieur Bèga OUEDRAOGO, pour avoir accepté de nous suivre dans ce travail, pour sa disponibilité et ses conseils avisés qui nous ont été d'un apport très précieux qu'il en soit honorablement gratifié.

Au corps enseignants du 2IE, pour leur disponibilité et encadrement.

De 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

La région du Mandoul, une des vingt-deux (22) régions de la République du Tchad, est située dans une zone sédimentaire, regorgeant d'importante réserve d'eau souterraine. Malgré ces réserves d'eau, la population est confrontée à un sérieux problème d'accès à l'eau potable.

Cette situation s'explique par l'insuffisance des infrastructures hydrauliques modernes adéquates pour exploiter les eaux souterraines.

Ainsi le Ministère de l'Hydraulique Urbaine et Rurale (MHUR) qui traduit la politique du gouvernement en matière d'accès à l'eau potable, avec l'appui de l'Union Européenne, envisage une grande campagne de réalisation de forages d'hydraulique villageoise, de système d'alimentation en eau potable simplifiée (AEPS) dans les centres ruraux ainsi que l'extension des quelques réseaux d'Alimentation en Eau Potable (AEP) existants dans certains centres urbains de la région.

Dans cette dynamique de réalisation des AEPS dans les centres ruraux, cette étude essaye d'élaborer un modèle de base d'étude technique de dimensionnement pour assister les services techniques de la Délégation régionale de MUHR dans leurs conduites de projets hydrauliques.

Mots clés : *Etude Technique, modèle de dimensionnement AEPS, centre de Bara II, Mandoul*

ABSTRACT

The area of Mandoul, one of the twenty-two (22) areas of the Republic of Chad, is located in a sedimentary zone, abounding in significant ground water reserve. In spite of these water reserves, the population is confronted with a serious problem of access to drinking water.

This situation is explained by the insufficiency of the adequate modern hydraulic infrastructures to exploit subsoil waters.

Thus the Ministry for Urban and Rural Hydraulics (MHUR) which translates the policy of the government as regards access to drinking water, with the support of the European Union, considers a large realization campaign of drillings of village hydraulics, of feeding system out of drinking water simplified in the rural centers as well as the extension of the some feeder systems out of Drinking water existing in certain urban centers of the area.

In this dynamics of realization of the AEPS in the rural centers, this study test to work out a basic model of technical study of dimensioning to assist the engineering departments of the regional Delegation of MUHR in their hydraulic project controls.

Key words: *Technical study, models dimensioning AEPS, center of Bara II, Mandoul*

LISTE DES ABREVIATIONS

- AEP** : Alimentation en Eau Potable
- AEPS** : Alimentation en Eau Potable Simplifiée
- AUE** : Association des Usagers de l'Eau
- CD** : Comité Directeur
- CTD** : Collectivités Territoriales Décentralisées
- CNAR** : Centre National d'Appui à la Recherche
- CGPE** : Comité de Gestion de Points d'Eau
- DREM** : Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie
- DAEP** : Direction d'Approvisionnement en Eau Potable
- FED** : Fond Européen de Développement
- FIT** : Front Inter -Tropical
- HCR** : Haut-Commissariat pour les Réfugiés
- HGT** : Hauteur Géométrique Totale
- HMT** : Hauteur Manométrique Totale
- INSEED** : Institut National de la Statistique, des Etudes Economiques et Démographiques
- IEC** : Information, Education, Communication.
- MHUR** : Ministère de l'Hydraulique Urbaine et Rurale
- OMD** : Objectifs du Millénaire pour le Développement
- ONG** : Organisation Non-Gouvernementale
- PAEPA** : Projet d'Accès à l'Eau Potable et Assainissement
- PMH** : Pompe à Motricité Humaine
- PHVSLI** : Projet Hydraulique Villageoise Salamat Lac Iro
- PHVMK** : Projet Hydraulique Villageoise Mayo Kebbi
- PROADEL** : Projet d'Appui au Développement Local
- RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
- SDEA** : Schéma Directeur de l'Eau et Assainissement
- STE** : Société Tchadienne de l'Eau
- SITEAU** : Système d'Information Tchadienne sur l'Eau

Sommaire

REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
INTRODUCTION	12
CONTEXTE GENERAL	14
1.1 ASPECT PHYSIQUE DE LA REGION	17
1.2 ASPECT SOCIO-ECONOMIQUE	19
CHAPITRE II : POLITIQUES ET STRATEGIES NATIONALES DE L'EAU	21
2.1 Le Code de l'Eau	21
2.2 Le Schéma Directeur de l'Eau et de l'Assainissement (SDEA)	21
2.3 La Politique sectorielle	21
2.4 Critères de choix de centre pour l'attribution de système d'adduction d'eau potable	22
CHAPITRE III : ETAT DES LIEUX DES OUVRAGES HYDRAULIQUES ET SYSTEMES D'AEP EXISTANTS	24
3.1 Sources d'eau dans les villages	24
3.2 Etat des lieux de systèmes d'AEP existants dans la région	25
3.3 Analyse de l'état des lieux et stratégie d'amélioration	27
CHAPITRE IV : DEMARCHE DE CONDUITE DE L'ETUDE D'AVANT-PROJET SOMMAIRE DE SYSTEME SIMPLIFIE D'AEP DANS LA REGION DE MANDOUL :	
OPTION TECHNIQUE ET CHOIX DES INTRANTS DE DIMENSIONNEMENT	28
4.1 Echéance de projet :	28
4.2 Zone de projet/Population	28
4.3 Détermination des consommations spécifiques et base de dimensionnement	28
4.4 Variation de consommation	29
4.5 Consommation journalière / Besoin en production pour le centre	29
4.6 Choix de la ressource en eau	29
4.7 Mode de Distribution	30
4.8 Stockage	30
4.9 Réseau de distribution	31
4.10 Choix de la Source d'énergie	32
4.11 Mode de Gestion	32
4.12 Prix de vente de l'eau	32
4.13 Etude d'impact sur l'environnement	32
CHAPITRE V : PROPOSITION D'UNE ETUDE D'AVANT-PROJET SOMMAIRE D'AEPS DU CENTRE DE BARA II	33
5.1 Présentation de la zone d'étude	33
5.2 Evaluation de situation hydraulique existante	33
5.3 Qualité des eaux	34
5.4 Evaluation de besoin en eau	35

5.5 Variation de consommation	35
5.6 Demande en eau	36
5.7 Ressource en eau	37
5.8 Réseau de distribution	37
5.9 Structure du réseau et nature des canalisations	38
5.10 Tracé du réseau de distribution	39
5.11 Dimensionnement de conduite	40
5.12 Dimensionnement du réservoir	43
5.13 Dimensionnement de conduite de refoulement	44
5.14 Choix de pompe immergée et Groupe électrogène	45
5.15 Spécification techniques des équipements	46
5.16 Etude d'impact environnemental	48
5.17 Proposition d'un mode de gestion de système d'AEPS	49
5.18 Etude économique	50
5.19 Coût de revient de mètre cube d'eau	52
CONCLUSION ET RECOMMANDATION	54
BIBLIOGRAPHIE	55
ANNEXES	56
Annexe 1 : Plan du réseau du système d'AEPS de centre de BARA II.....	57
Annexe 2: Fiche technique du forage F2 de centre de BARA II	59
Annexe 3: Fiche technique du forage F1 de centre de BARA II	60
Annexe 4: Profils en long par tronçon du centre de BARA II	61
Annexe 5 : Carnet de nœud	71
Annexe 6 : Coupe château d'eau du centre de BARA II	72
Annexe 7: Récapitulatif des ouvrages existants, leurs caractéristiques et le taux de desserte actuel d'après la base de donnée SITEAU de MHUR.	73
Annexe 8: Département de Bahr Sara	74
Annexe 9: Département de Mandoul occidental	75
Annexe 10: Département de Mandoul Oriental	76

Listes Tableaux

Tableau I : Formations aquifères présentes dans la zone d'étude.....	18
Tableau II : Découpage administratif de la région de Mandoul.....	19
Tableau III : Critère d'éligibilité et équipement de localité.....	22
Tableau IV : Montant de la participation villageoise.....	23
Tableau V : Avantages et inconvénients des sources d'énergie.....	32
Tableau VI : Données caractéristiques des forages à PMH dans le centre de BARA II.....	34
Tableau VII : Résultats des analyses physico-chimiques.....	34
Tableau VIII : Evolution de la population de centre de BARA II.....	35
Tableau IX : Besoin journalier en production.....	37
Tableau X : Distance et cotes de terrain naturel des tronçons.....	39
Tableau XI : Récapitulatif du débit des conduites du réseau.....	40
Tableau XII : Dimensionnement de conduite de réseau de distribution.....	42
Tableau XIII : Diamètres et longueurs des tronçons.....	43
Tableau XIV : Dimensionnement du réservoir de stockage.....	43
Tableau XV : Dimensionnement de conduite de refoulement.....	44
Tableau XVI : Diamètre du conduite de refoulement (forage et réservoir).....	45
Tableau XVII : Détermination du HGT et HMT.....	45
Tableau XVIII : Caractéristique de groupe électrogène.....	46
Tableau XIX : Devis estimatif et quantitatif.....	50
Tableau XX : Amortissement des équipements.....	52

Listes PHOTOS

Photo 1: Population autour d'un puits moderne.....	24
Photo 2: Station d'AEP de BESSADA alimentée par énergie thermique.....	26
Photo 3: Station d'AEP alimentée par énergie solaire.....	27

Listes Cartes

Carte 1: Carte de la Région de Mandoul.....	16
---	----

INTRODUCTION

Le Tchad est un pays sahélo-saharien. Selon le récemment Général de la Population et de l'Habitat (RGPH2) de 2009, la population est estimée à 11 274 106 habitants dont 78,3% vivent en milieu rural et 21,7% en milieu urbain. La population est très inégalement répartie sur l'étendu de territoire dont la superficie est de 1 284 000 km².

Plusieurs centres urbains du pays ont bénéficié ces dernières années d'investissements importants notamment en matière d'eau potable à travers la réalisation d'infrastructures hydrauliques dans le cadre du projet financé par l'Etat tchadien. A cet effort étatique, s'ajoute l'intervention des partenaires nationaux et internationaux pour la réalisation des forages équipés de pompe à motricité humaine (PMH) dans les centres ruraux.

Le Ministère d'Hydraulique Urbaine et Rurale, à travers le programme du Fond Européen de Développement, envisage une grande campagne dans le Sud du Tchad pour la réalisation de système simplifié d'AEP dans les centres ruraux de plus de 1200 habitants. C'est ainsi que la région de Mandoul est concernée par ledit programme et exige une base de dimensionnement adéquate d'AEP et un modèle technique applicable en vue d'une mise en œuvre efficiente des projets au bénéfice des populations.

Dans cette optique nous avons retenu le présent thème intitulé « *L'élaboration d'un modèle d'étude technique de système simplifié d'AEP pour l'équipement des centres ruraux de la région de Mandoul (Tchad), exemple d'application pour le centre de Bara II* » en vue d'apporter notre contribution dans ce sens.

Ce thème soulève des préoccupations majeures dont l'essentiel se résume à travers les questions ci-après :

- ✓ Quel est l'état actuel des dispositifs de distribution d'eau potable dans la région du Mandoul ?
- ✓ Quel modèle technique pour l'AEP peut-on faire de la mise en œuvre à Mandoul pour le dimensionnement des centres en matière de développement hydraulique?
- ✓ Que peut-on proposer, pour la gestion et la pérennisation des ouvrages hydrauliques de la région du Mandoul, et surtout pour l'amélioration constante de la situation des populations en matière de distribution, de la qualité et de l'accès à l'eau potable dans cette région ?

Le présent mémoire qui est le couronnement de notre travail de recherche, fait dans un premier temps une présentation de la région concernée à travers un aperçu des aspects géographiques et des potentialités hydrographiques. Ensuite, l'étude fait un état des lieux des ouvrages hydrauliques existants. Enfin, elle propose sommairement un modèle d'étude d'avant-projet de système simplifié d'AEP en s'appuyant sur un exemple d'application pour le centre de Bara II.

CONTEXTE GENERAL

Le Schéma Directeur de l'Eau et l'Assainissement donne les orientations ci-après en matière d'équipements de système d'Alimentation en Eau Potable à développer dans les centres :

- ✓ Population inférieure à 1200 habitants : Forage équipé de Pompe à Motricité Humaine (PMH)
- ✓ Population comprise entre 1200 à 10 000 habitants : Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS);
- ✓ Population supérieure à 10 000 habitants : système classique d'AEP dont la mise en œuvre et la gestion relève de la Société Tchadienne de l'Eau (STE) ;

Si la STE pour son expérience semble maîtriser les études d'AEP classique, les services de la délégation régionale du Ministère de l'Hydraulique Urbaine et Rurale (MHUR) sont à leur début et disposent de peu des données pour la conception et le dimensionnement des AEPS.

Dans un tel contexte, afin d'assurer la durabilité des équipements hydrauliques dans la zone non concédée par la STE, ce modèle de dimensionnement pourra être utilisé comme un guide dans la zone d'étude. Sa mise en œuvre permettra une amélioration des performances des acteurs concernés et une meilleure pérennisation du service public de l'eau au profit des usagers.

OBJECTIFS D'ETUDE

L'objectif global de l'étude est de mettre à la disposition de la Direction d'Approvisionnement en Eau Potable (délégations régionales), un modèle de conduite des études des systèmes simplifiés d'AEP pour l'équipement des agglomérations de populations comprises entre 1200 et 10 000 habitants.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Faire un état des lieux des ouvrages de captage et systèmes d'AEP existants dans la région de Mandoul.
- Réaliser un modèle d'étude de système d'AEP simplifié dans la région de Mandoul à travers une étude en appui appliquée pour le centre de BARA II.
- Proposer une méthode de gestion durable et équitable de l'eau dans la zone d'intervention du projet.

METHODOLOGIE DE TRAVAIL

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

- Une 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 2ie ;
- 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'AEPS en milieu rural et semi-urbain.

Au cours de cette étude nous avons exploité les données de cours du 2ie, la base de données du Ministère, les rapports finaux des projets (FED, PHVSLI, PHVMK).

- Enquête de terrain et 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;

- Le 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.

- Une 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.

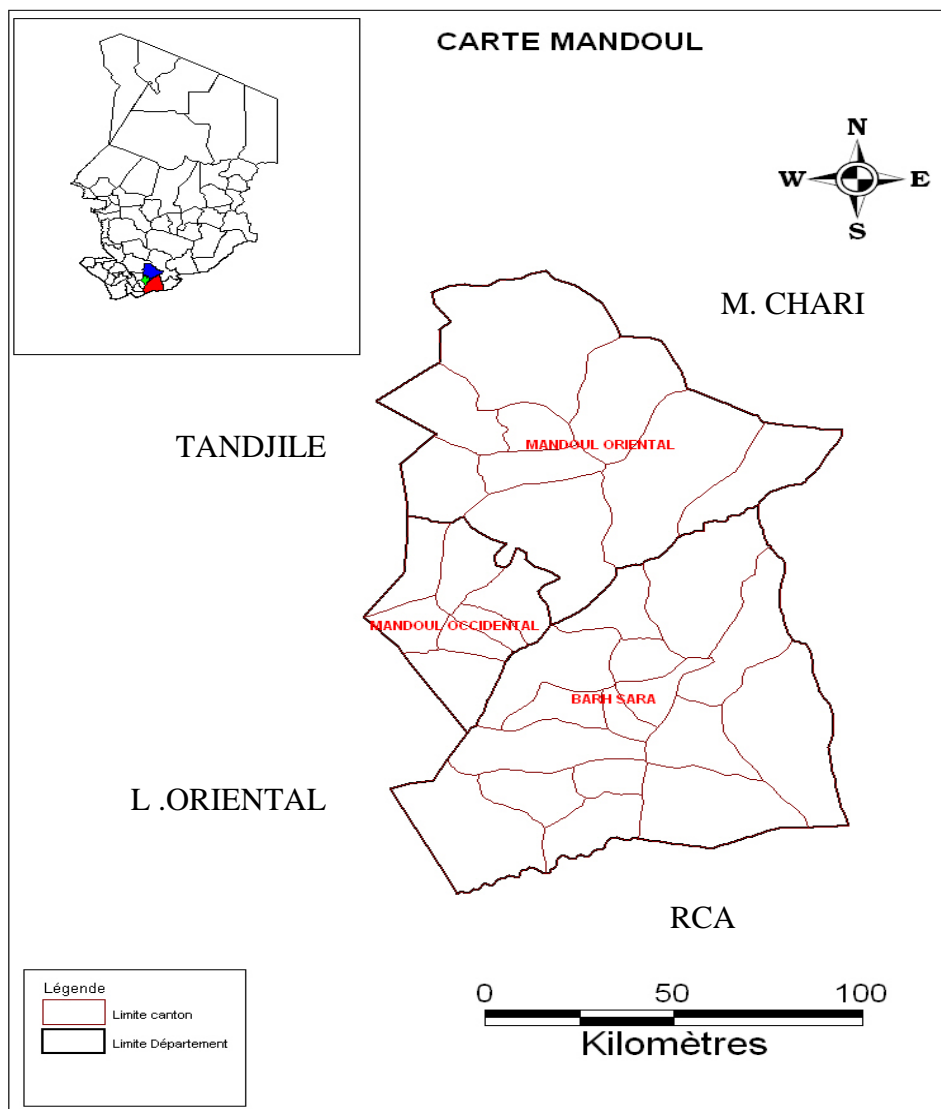
Cette dernière étape nous permettra d'élaborer le mémoire après avoir récolté le maximum d'information sur le thème de notre étude avec de notre Directeur de mémoire.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le Mandoul est une région située entre 17°04'37" et 18°12'07" de longitudes Est et 07°48'30" et 09°38'42" latitudes Nord. Elle couvre une superficie de 17 378 km² avec une densité de 40 habitants par km², de ce fait elle est l'une des régions les plus peuplées. La région de Mandoul est limitée :

- ✓ à l'Est par la région du Moyen Chari ;
- ✓ à l'Ouest par les régions du Logone Oriental et du Tandjilé ;
- ✓ et au Sud par la République Centrafricaine.

La région est subdivisée en trois(3) grands départements à savoir le Mandoul Oriental, le Mandoul Occidental et le Bahr Sara.



Carte 1: Carte de la Région de Mandoul

1.1 ASPECT PHYSIQUE DE LA REGION

1.1.1 Climat

Le climat de la région de Mandoul est de type soudanien. Le régime pluviométrique fait alterner une saison humide et une saison sèche de durées sensiblement égales. Les précipitations enregistrées dans la région varient entre 900 et 1 100 mm/an.

En saison sèche, l'air continental est sujet à de fortes variations diurnes. La température monte jusqu'au milieu de l'après-midi puis baisse fortement dans la nuit. Par contre, l'air humide de la saison des pluies ne donne pas lieu à ces variations diurnes, la température alors plus constante et ne s'écarte guère de la moyenne de 27°C. Mais, la forte hygrométrie qui y règne rend ce régime plus difficile à supporter que celui de la saison sèche. (Source : DREM 2010)

L'humidité de l'atmosphère est étroitement dépendante du régime de la mousson. Les maxima sont atteints durant la saison des pluies. Mais en toute saison, c'est en début de matinée que la teneur de l'air en vapeur d'eau est la plus élevée, tandis que les minima sont enregistrés en milieu de journée.

1.1.2 L'hydrographie

La région de Mandoul fait partie du bassin endoréique du Lac Tchad, l'élément hydrographique le plus important est le fleuve Chari et plusieurs autres cours d'eau comme Bahr Mandoul, Bahr Azoum, Bahr Koh et Bahr Sara.

Les grandes vallées de Mandoul et du Bahr Sara comportent en général un lit mineur occupé par le fleuve en saison sèche et par des bancs de sable plus ou moins stabilisés. Le lit majeur, domaine de hautes eaux de fin de saison des pluies, comprend des zones d'inondations plus planes, souvent limoneuses en surface. (Source CNAR)

En matière d'hydrographie, le Mandoul (le fleuve d'où la région tire son appellation) est un important affluent du Bahr Sara. Leur confluence à l'aval de la ville de Koumra (chef-lieu de la région de Mandoul) en fait le principal affluent du fleuve Chari.

Dans notre zone d'étude, il existe des mares inondées pendant l'hivernage, mais le réseau hydrographique actuel n'a pas un écoulement permanent. En dehors de la saison des crues, les mares sont asséchées, à l'exception de mares inondées au moment de fortes précipitations qui durent plusieurs mois par an. (Source : DREM)

1.1.3 La géologie

La majeure partie de la zone d'intervention est incluse dans un vaste bassin sédimentaire rempli de dépôts tertiaires et quaternaires assez puissants appartenant à l'unité hydrogéologique du Continental Terminal Sud. L'ampleur de cette cuvette de sédimentation, créant un

affaissement entre les ondulations du socle précambrien, a eu comme conséquence l'installation de conditions hydrogéologiques presque uniformes au niveau régional avec en particulier un aquifère généralisé. Par contre, les sédiments fins qui recèlent la nappe présentent une hétérogénéité des faciès très marqués. En plus, comme tous les apports sédimentaires fluviaux, ils sont superposés.

1.1.4 L'hydrogéologie

Les aquifères des roches sédimentaires meubles comprennent :

- ✓ La nappe du Quaternaire ancien ou le réservoir est composé d'une alternance de sable plus ou moins fins et d'argile correspondant à des sédiments fluviaux déposés par le paléo-cours d'eau. Ce type de dépôt, sa mise en place et les variations des niveaux de base hydrographiques provoquent des variations latérales de faciès qui peuvent être importants et rapides. La perméabilité de l'aquifère sera d'autant plus grande que la fraction argileuse sera faible et celle-ci dépendra en partie du débit de puits.
- ✓ La nappe du continental terminal : elle correspond aux affleurements du continental terminal qui occupent le centre de la cuvette de la région. L'aquifère appartient également à une série fluvio-lacustre composée du sable fin à grossier, des graviers, des grès argileux, des argiles bariolées et des cuirasses ferrugineuses qui peuvent être importantes, du fait de la nature des dépôts. La perméabilité de l'aquifère sera variable, ce qui nécessitera quelques précautions lors des implantations de forages. (Source : Abadie J. rapport d'Etudes géologique et hydrogéologique du sud du Tchad).

Selon le Schéma Directeur de l'Eau et Assainissement (SDEA), les principales caractéristiques des formations aquifères présentes dans la zone d'étude sont les suivantes :

Tableau I : Formations aquifères présentes dans la zone d'étude

Acquière	Lithologie	Epaisseur r	Type d'aquifère	Paramètre Hydraulique
CONTINENTAL AL TERMINAL	Phréatique : lentille, sable hétérogène Prof : sables massifs	>150m	Libre à semi-captif	K > 4m ³ /h/m ² T et porosité élevés
PLIOCENE	Sables fluviaux et intercalations argileuses	70 m	Libre en bordure et captif au centre	K: 2-9m ³ /h/m ² T : 60-450m ² /j
PLEISTOCENE	Sables fluviaux et passées argileuses	30-70 m	Libre à semi-captif	k: 2-8m ³ /h/m ² T : 100-600m ² /j

La recharge de l'ensemble des nappes présentes dans la zone est assurée principalement par l'infiltration des précipitations météorologiques.

1.1.5 Sol et Végétation

La nature tendre des sols favorise le développement de larges vallées dont les fonds sont généralement composés de sols hydromorphes présentant un horizon argileux de grande profondeur et souvent recouvert de sables et de limons récents. La grande partie de la région se situe sur une plaine exondée présentant une relative homogénéité morphogénique.

On distingue deux types sols :

- Les sols à sesquioxides de fer: les sols ferralitiques de cuirasse ancienne qui dominent la partie sud de la région. Leur horizon supérieur est constitué en grande partie de sables grossiers et de sables fins.
- Les sols ferrugineux tropicaux : ces types de sols présentent un relief assez élevé leur permettant d'échapper aux inondations.

La végétation est de type tropical avec des contrastes arborés, arbustives et herbacées. On y trouve partout des espèces de types soudaniens.

1.2 ASPECT SOCIO-ECONOMIQUE

Le dernier découpage administratif divise la région de Mandoul en trois (3) grands départements: le département de Mandoul Occidental, le département de Mandoul Oriental et le département de Bahr Sara.

Le Mandoul Occidental a pour chef-lieu BEDJONDO comportant quatre(4) sous-préfectures et six(6) cantons.

Le Mandoul Oriental dont le chef-lieu est KOUMRA qui compte 6 sous-préfectures et 9 cantons.

Quant au département de Bahr Sara il a pour chef-lieu Moissala et comporte cinq(5) sous-préfectures et dix-sept (17) cantons.

Tableau II : Découpage administratif de la région de Mandoul

Région	Départements	Nombre de Sous-préfectures	Nombre de Cantons	Nombre de villages	Nombre de population à l'horizon 2015	Superficies approximatives (km ²)
Mandoul	Mandoul Occidental	4	6	251	179849	1 916
	Mandoul Oriental	6	9	529	280965	7 030
	Bahr Sara	5	17	564	240738	8 432
Total		15	32	1344	701552	17 378

Source : INSEED

1.2.1 Milieu humain

La région de Mandoul s'étend sur une superficie de 17 378 km² et compte environ 582 801 habitants avec un taux d'accroissement de 2,9 % d'après le 2^{ème} recensement général de la population et de l'habitat (RGPH2) effectué en 2009.

1.2.2 Ethnies

La population du Mandoul est composée de plusieurs groupes ethniques qui appartiennent au grand groupe Sara. Celui-ci englobe généralement toute la population qui se trouve installée entre le Logone à l'Ouest et dans les frontières soudanaises du Sud-Est. Le Mandoul regroupe les circonscriptions peuplées de Sara Madjingaye, de Mbaye, de Daye, de Goulaye, de Nar, de Ngama ou Ngam, de Bedjond ou Nangnda, et de Toumack.

1.2.3 Religions et cultures

Les populations de Mandoul sont de confession chrétienne (catholique et protestante) et musulmane. Il existe aussi dans la région des pratiques païennes.

Le Mandoul constitue un bloc relativement homogène en culture. Plusieurs rites identiques sont pratiqués par la quasi-totalité des groupes ethniques.

1.2.4 Activités socioéconomiques

L'activité principale pratiquée dans la région est l'agriculture. Les principales cultures sont : le coton, les arachides, le mil, le sorgho, le sésame et le manioc.

L'élevage est pratiqué comme activité secondaire. Il est essentiellement axé sur les petits ruminants, les porcins, la volaille et les bœufs. Néanmoins l'élevage de bovins est pratiqué par quelques personnes.

Le caractère agropastoral de la région se traduit par les échanges très actifs des produits agricoles contre ceux d'élevage entre la population sédentaire et nomade. Les populations s'adonnent également à l'activité de la pêche.

1.2.5 Infrastructures économiques et sociales

Dans les trois départements de Mandoul les infrastructures sociocommunitaires sont : 66 centres de santé, 641 écoles (primaires et secondaires) et 141 marchés hebdomadaires.

1.2.6 Les structures associatives

Presque dans tous les villages de la zone d'étude, il existe des associations ou des groupements qui travaillent dans le domaine de l'agriculture. Ces associations interviennent surtout dans le cadre de la culture du coton. Aussi, il faut signaler qu'il existe plusieurs groupements féminins dans ces structures communautaires.

CHAPITRE II : POLITIQUES ET STRATEGIES NATIONALES DE L'EAU

2.1 Le Code de l'Eau

Le Code de l'Eau promulgué en août 1999 est fondé pour sa part sur le principe d'équité nationale. Dans le cadre des efforts de décentralisation et le désengagement de l'Etat, Il y a une forte implication du secteur privé et associatif à travers le principe de délégation de service public de l'eau.

Les Principales dispositions sont :

- les ressources hydrauliques appartiennent à l'État dans leur totalité ;
- l'État est désigné comme le gestionnaire principal des ressources hydrauliques, et responsable de leur protection ;
- dans le cadre de la protection des ressources nationales, des périmètres de protection sont institués par déclaration d'utilité publique en vue de préserver les points de prélèvement des eaux destinées à la consommation humaine ;
- l'État peut transférer une partie de ces ressources au profit d'une collectivité décentralisée qui sera chargée d'en assurer la conservation et la gestion.

2.2 Le Schéma Directeur de l'Eau et de l'Assainissement (SDEA)

Le Schéma Directeur de l'Eau et de l'Assainissement, adopté en 2003, fixe les grandes lignes de la politique et des stratégies nationales en matière d'eau et d'assainissement à l'horizon 2015. Les objectifs assignés en matière d'eau potable sont en conformité avec les OMD, c'est-à-dire la couverture de 60% des besoins en eau potable des populations.

Les axes généraux du SDEA visent:

- l'accès étendu, efficient, équitable et abordable à l'eau potable et à l'assainissement de base ;
- l'éducation, la formation et la sensibilisation des groupes d'acteurs publics, privés et associatifs nationaux, régionaux et locaux, hommes, femmes et jeunes, pour une gestion durable de l'eau ;
- la gestion intégrée des ressources en eau et de leur utilisation pour la protection des écosystèmes aquatiques.

2.3 La Politique sectorielle

Les grandes lignes de la politique sectorielle sont clairement énoncées dans le code de l'eau et le Schéma Directeur pour l'Eau et l'Assainissement. Cette politique vise la réduction de la pauvreté et la croissance économique par l'amélioration de l'accès à l'eau et l'assainissement

et par la rationalisation de l'exploitation des ressources en eau pour les différentes activités liées à l'eau. Elle s'inscrit dans une démarche globale de décentralisation et de désengagement opérationnels de l'Etat du service public de l'eau.

Pour ce qui concerne le secteur de l'eau potable, le SDEA a identifié cinq (5) axes stratégiques, que sont :

- a) augmenter la desserte en eau potable ;
- b) renforcer le cadre juridique et réglementaire ;
- c) renforcer les capacités des acteurs et assurer un suivi efficace du service public de l'eau ;
- d) renforcer les structures locales de gestion des équipements d'exhaure, encourager l'initiative privée et renforcer les activités des intervenants ;
- e) déléguer aux Collectivités Territoriales Décentralisées (CTD) la responsabilité du service public de l'eau.

2.4 Critères de choix de centre pour l'attribution de système d'adduction d'eau potable

Selon l'arrêté N°22/MHUR/2011 qui définit la stratégie nationale d'équipement et d'attribution de points d'eau, le choix du centre se fait en fonction de la taille de population d'une localité à la date de la programmation de l'ouvrage.

Tableau III : Critère d'éligibilité et équipement de localité

Critère d'éligibilité de localités	Equipements attendus
Villages de 150 à 400 habitants	1PMH
Villages de 401 à 800 habitants	2PMH
Villages de 801 à 1200	3PMH
Population de 1201 à 10 000 habitants	Mini AEP solaire ou thermique
Population supérieure à 10 000 habitants	AEP thermique

Source : MHUR

2.4.1 Population ciblée par le point d'eau

Le caractère sédentaire de la population est le principal critère d'attribution du type d'ouvrages d'eau potable dans une localité à la date de la programmation de l'ouvrage. Les critères socioéconomiques tels que la présence d'une école, d'un centre de santé, d'un marché, la volonté et la capacité des populations à payer un service de l'eau sont utiles pour caractériser le village ou le centre, et prioriser les investissements.

2.4.2 Classement de la population

La population est subdivisée en trois (3) catégories suivant la taille du centre dans lequel elle habite :

- ✓ population rurale: habitants d'une localité comptant 1 à 1200 personnes;
- ✓ population semi-urbaine: habitants d'une localité comptant 1201 à 10 000 personnes;
- ✓ Population urbaine : habitants d'une localité de plus de 10 000 personnes;

2.4.3 Types d'équipement hydraulique

Au Tchad, actuellement les équipements hydrauliques d'eau potable autorisés sont : PMH et AEP.

- ✓ la Pompe à Motricité Humaine : c'est une pompe à faible débit, installés sur un forage et équipée d'une superstructure et d'une clôture ;
- ✓ l'adduction d'eau potable : réseau d'eau potable constitué d'un forage ou d'une prise d'eau, d'une source d'énergie, d'un moyen d'exhaure, d'une capacité de réserve, d'une desserte par bornes fontaines et /ou par branchements particuliers.

2.4.4 Participation villageoise à la réalisation des ouvrages

La participation villageoise est définie comme une participation financière des communautés villageoises visant à matérialiser leur désir d'acquérir un équipement hydraulique en vue d'améliorer leurs conditions de vie. Elle permet d'amorcer la bonne gestion des installations en créant un engagement au mieux des investissements réalisés et constitue aussi une ressource financière pour le développement du secteur de l'eau.

2.4.5 Barème des contributions

Le montant de la participation villageoise au financement d'un ouvrage d'eau potable est fixé par arrêté N°24/MHUR/2011.

Tableau IV : Montant de la participation villageoise

Nature des investissements	Participation villageoise
Forage équipé d'une PMH et d'une superstructure	150 000 FCFA
Adduction d'Eau potable	500 000 FCFA + 250 000 FCFA par Borne Fontaine
Réhabilitation de PMH	75 000 FCFA
Réhabilitation et extension d'AEP	1 000 000 FCFA par système +250 000 par Borne Fontaine

Source MHUR

CHAPITRE III : ETAT DES LIEUX DES OUVRAGES HYDRAULIQUES ET SYSTEMES D'AEP EXISTANTS

3.1 Sources d'eau dans les villages

En zone rurale, la population de la région de Mandoul utilise les eaux de surface (cours d'eau, ou mares) et les eaux souterraines (puisard, puits traditionnels ou modernes, forages à PMH et quelques AEP).

Le problème initial dans la région n'est généralement pas le manque absolu d'eau, mais la mauvaise qualité des eaux existantes. La qualité de l'eau se détériore pendant la saison des pluies et son approvisionnement devient pénible pendant la saison sèche (moins d'eau, distances plus grandes à parcourir). Toutefois, tous les villages possèdent au moins un point d'eau, assurant ainsi un approvisionnement pendant toute l'année.

3.1.1 Puits traditionnels

Les puits traditionnels sont extrêmement nombreux, on dénombre dans la région 1 153 puits traditionnels. La profondeur moyenne des puits est de 17 m. La qualité de ces eaux (puisards et puits traditionnels) reste douteuse en raison de leur vulnérabilité aux différentes sources de contamination, et au fait que leurs eaux ne répondent pas aux critères de potabilité. Ce sont des points d'eau à fort risque sanitaire.

3.1.2 Puits Modernes

Les puits modernes sont au nombre de 185, tous construits en béton, 179 sont fonctionnels et fréquentés par la population. La profondeur moyenne est de 25 m et peut atteindre 72 m, le niveau statique moyenne est de 16,6 m. La qualité de ces eaux dépend aussi de l'intensité d'utilisation et de leur entretien. Mais quel que soit l'entretien l'eau de puits même moderne ne peut être qualifié de potable.



Photo 1: Population autour d'un puits moderne

3.1.3 Forages équipés de pompe à motricité humaine

Il existe dans la région de Mandoul 308 forages équipés de PMH, (Pompe India et Vergnet)

dont 148 sont fonctionnels et 160 en panne. Parmi les pompes en panne, 138 sont abandonnés. Ces ouvrages ont été réalisés grâce à l'appui des projets et ONG comme CARE TCHAD, PROADEL, ONG world vision, HCR et autres initiatives individuelles ou communautaires. L'Etat tchadien, à travers la direction chargée de l'hydraulique, a mis en place des comités de Gestion de Points d'Eau (CGPE). On trouve dans la région du Mandoul quelques points de vente de pièces détachées sur les marchés des centres urbains.

3.2 Etat des lieux de systèmes d'AEP existants dans la région

Dans toute la région, on compte seulement au total sept (7) systèmes d'AEP dont trois (3) réseaux d'AEP qui couvrent les 3 chefs-lieux de département, trois(3) systèmes d'AEPS dans la zone semi-urbaines et une (1) mini station hors d'usage dans le département de Bahr Sara.

L'hydraulique semi urbaine au Tchad concerne l'équipement en système d'approvisionnement en eau potable des agglomérations de plus de 1200 personnes et relève de la responsabilité du Ministère de l'hydraulique Urbaine et Rurale.

Dans la zone semi-urbaine du département de Mandoul Oriental, il existe trois systèmes d'AEP alimentés par l'énergie thermique. Il s'agit de :

- Centre de GOUNDI
- Centre de BEDAYA
- Centre de BESSADA

3.2.1 Centre de GOUNDI

Le centre de GOUNDI, chef-lieu de la sous-préfecture de Mandoul Oriental, regroupe 17 villages et compte une population totale de 14386 habitants. L'AEP de GOUNDI est constituée d'un réservoir d'une capacité de 70 m³ qui alimente 9 bornes fontaines, 2 abreuvoirs pour les bétails et une vingtaine de branchements privés. Le taux de desserte dans ce centre est estimé à 30%.

3.2.2 Centre de BEDAYA

Le centre de BEDAYA, chef-lieu de sous-préfecture du département de Mandoul Oriental, est un regroupement de 5 petits villages, et compte au total 4 128 habitants.

La station de BEDAYA a un réservoir de 70 m³ avec un branchement de 7 bornes Fontaines et d'une dizaine de branchements particuliers. Le taux de desserte calculé correspond à 15%.

3.2.3 Centre de BESSADA

Le centre de BESSADA, chef-lieu de sous-préfecture de Mandoul Oriental, regroupe 5 villages, et est peuplé de 3 083 habitants. Il compte deux réservoirs : le premier a un volume de 45m³ et le second 10m³. Le réseau couvre 11 bornes fontaines, un abreuvoir et une dizaine de branchements particuliers. Le taux de desserte est estimé à 60%.

Dans le Département de Bahr Sara, il existe un mini système d'AEP solaire hors d'usage dans

la localité de BENDANG.



Photo 2: Station d'AEP de BESSADA alimentée par énergie thermique

La région de Mandoul compte trois (3) villes urbaines réparties dans les trois (3) chefs-lieux de département : MOISSALA, KOUMRA et BEDJONDO.

3.2.4 Ville de KOUMRA

KOUMRA est le chef-lieu du département de Mandoul Oriental dont la population est estimée à 38 949 habitants. La ville est subdivisée en trois (3) arrondissements et quinze (15) quartiers. On y dénombre dix-huit (18) écoles primaires, quatre lycées et six(6) collèges d'enseignement général. La ville possède une industrie de coton, un central électrique et une aire d'abattage. Elle dispose également d'un réseau d'AEP mis en exploitation depuis 1966 avec un réservoir d'une capacité de 500 m³. En 2007 la ville a bénéficié d'une extension de ce réseau et une construction d'un château d'eau de 20 m³. Le réseau compte 52 bornes fontaines et 363 branchements, la production journalière est d'environ 1000 m³. La population desservie est évaluée à 19 475 personnes soit un taux de desserte de 50%. Le système d'AEP de la ville de KOUMRA est géré par la Société Tchadienne de l'Eau.

3.2.5 Ville de MOISSALA

MOISSALA est le chef-lieu de département de Bahr Sara peuplé de 12 986 habitants. Elle est subdivisée en huit (8) quartiers.

Dans le cadre de l'éducation, MOISSALA abrite trois centres de santé, un lycée, quatre (4) collèges et huit écoles primaires. Ce centre dispose d'un réservoir de 70 m³, 6 bornes fontaines et 35 branchements particuliers. La population desservie est estimée à 1300 personnes soit un taux de desserte de 10%.

3.2.6 Ville de BEDJONDO

Bedjondo est le chef-lieu du département du Mandoul Occidental, la population de Bedjondo est de 11 736 habitants. Elle est subdivisée en trois (3) arrondissements.

Dans ce centre, la capacité du réservoir est de 70 m³ et alimente 7 bornes fontaines sans aucun branchement privé. La population desservie est estimée à 587 personnes soit un taux de desserte de 5%.



Photo 3: Station d'AEP alimentée par énergie solaire

3.3 Analyse de l'état des lieux et stratégie d'amélioration

Parmi les centres existants dans la région du Mandoul, seul le centre de KOUMRA dont la gestion est assurée par la Société Tchadienne de l'Eau (STE). Les autres centres sont gérés par les Associations d'Usagers de l'Eau (AUE) et qui relèvent de la responsabilité de MHUR. Les centres de GOUNDI et BESSADA sont à vocation pastorales dont les abreuvoirs sont pris en compte dans le dimensionnement du réseau. Le taux de desserte est très médiocre dans certains centres ceci s'explique par l'utilisation de l'eau du fleuve et des puits traditionnels par les populations.

Pour les stratégies d'amélioration, nous proposons :

- ✓ Les centres de MOISSALA, BEDJONDO et GOUNDI doivent être gérés par la STE car ce sont des localités dépassant 10 000 habitants ;
- ✓ La satisfaction de besoin en eau de ces centres cités ci-haut doit passer par l'extension de ces réseaux ;
- ✓ Une campagne de sensibilisation de population pour rehausser le taux de fréquentation de l'AEP ;

CHAPITRE IV : DEMARCHE DE CONDUITE DE L'ETUDE D'AVANT-PROJET SOMMAIRE DE SYSTEME SIMPLIFIE D'AEP DANS LA REGION DE MANDOUL : OPTION TECHNIQUE ET CHOIX DES INTRANTS DE DIMENSIONNEMENT

4.1 Echéance de projet :

En raison de l'indisponibilité de statistique d'exploitation et des incertitudes sur les populations, l'échéance retenue ne devrait pas excéder dix (10) ans divisées parfois en deux phases de 5ans. Les données réelles d'exploitations obtenues sur les cinq (5) première années permettront une adaptation pour la phase 2.

4.2 Zone de projet/Population

Pour faire une étude dans une localité administrative, il faut nécessairement bien définir la zone concernée par le projet. Très souvent la zone de couverture du projet n'est pas celle du centre administratif.

Pour des raisons techniques et économiques, il serait indiqué de se limiter à un rayon de 1,5 à 3 kilomètres autour du village, s'il y a des quartiers ou hameaux d'habitation au-delà de ces rayons ils seront alimentés par des points alternatifs (forages à PMH ou puits modernes si il en existe).

Un inventaire de la population concernée par le projet pourrait être fait. Pour le taux d'accroissement de la population, il est recommandé de le déterminer à partir des résultats de derniers recensements.

Remarque : alimentation du bétail

Comme les forages à PMH, les puits modernes et puits traditionnels ne tarissent pas, l'alimentation de bétail se fera à ces points d'eau.

4.3 Détermination des consommations spécifiques et base de dimensionnement

Objectifs internationaux et nationaux de desserte en eau :

- ❖ L'OMS estime que pour couvrir les besoins physiologiques et les besoins en hygiène et assainissement il faut au minimum 20 litres d'eau par jour et par habitant;
- ❖ Le SDEA fixe comme objectif en 2015 : 60 l/j/habitant;
- ❖ Les données d'enquête socio-économique;
- ❖ L'exploitation de données de centres socio-économiquement semblables.

Le projeteur doit faire un compromis entre ces objectifs et la capacité à payer des populations. La population sollicitera le service d'eau en fonction de sa capacité à payer. Le complément sera apporté par des points d'eau alternatifs : forage équipé de PMH et puits modernes. Dans la région de Mandoul tous les points d'eau alternatifs ne tarissent pas donc il faut en tenir compte durant toute l'année.

En tenant compte de cette situation, il est recommandé pour la région de Mandoul, 20l/j/habitant aux bornes fontaines et 25 litres/j/habitant aux branchements privés.

4.4 Variation de consommation

En raison de faible revenu de la population, la consommation journalière ne dépasse guère 20l/j/habitant. L'application de coefficient de pointe journalier et saisonnier conduira à une surestimation de consommation journalière donc à un surdimensionnement du réseau, des ouvrages et des équipements et par conséquent à un coût élevé au mètre cube d'eau. Dans le cas des APES (3 à 10 bornes fontaines), c'est le nombre de robinet en exploitation qui impose de débit de pointe.

4.5 Consommation journalière / Besoin en production pour le centre

La consommation journalière pour l'étude est celle du jour de pointe. Elle est déterminée par la formule suivante : $C_{jp} = population \times C_s$

avec C_{jp} : consommation de jour de pointe et C_s : consommation spécifique

La production requise pour couvrir la consommation devrait prendre en compte les pertes à la distribution et au traitement.

- ❖ Ressource en eau constituée d'eau souterraine dont le traitement se limite à une protection contre la pollution bactérienne et/ou à une mise à l'équilibre calco-carbonique : les pertes globales n'excèdent guère 5%.
- ❖ Ressource en eau constituée d'eau de surface : les pertes globales peuvent atteindre 15 à 20%.

$$\text{Production} = \frac{C_{jp}}{(1 - \text{taux de perte})}$$

4.6 Choix de la ressource en eau

La capacité de la ressource en eau est à comparer avec le besoin en production. La région se situe entièrement en zone sédimentaire. La source d'eau à utiliser pour le système d'AEP reste les eaux souterraines du fait qu'elles ont une qualité proche de celle des eaux de consommations. De plus, en termes de capacité, les potentialités existent dans la zone.

4.6.1 Analyse de l'eau

Après la réalisation des forages des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux doivent être faites. Certaines mesures comme le PH, la conductivité, la température et la

turbidité seront opérées sur place et d'autres mesures ou dosages dans un laboratoire agréé (calcium, magnésium, ammonium, phosphate, bicarbonate, sulfate, chlorure, le nitrate, le fer, le manganèse, etc.).

Du point de vue bactériologique les eaux souterraines sont naturellement potables et sont bien exclues de toute contamination extérieure.

4.6.2 Traitement de l'eau

La qualité naturelle des eaux souterraines ne nécessite généralement pas de traitement particulier. Le traitement est beaucoup plus simple et se réduit, la plupart du temps, à une chloration. Ce traitement est alors nécessaire pour rendre l'eau moins vulnérable à une possible contamination. Ainsi il est utile d'utiliser les pastilles de chlore pour maintenir cette eau potable pendant tout le processus de stockage et de transport jusqu'au consommateur. Ce choix se justifie pour le mode d'utilisation simple, un faible prix d'achat des pastilles et des charges nulles en consommation d'énergie.

4.7 Mode de Distribution

En raison de la dispersion des habitations, il n'est ni techniquement, ni économiquement viable de concevoir un réseau type alimentation par branchement privé. Le mode d'alimentation préconisé est la borne fontaine. D'ailleurs, dans les centres de petites tailles équipés de système simplifié d'AEP le taux de raccordement de branchement privé est de l'ordre de 3%.

4.8 Stockage

- Volume du réservoir

Le manque de données sur la répartition de la consommation, la nécessité de faire fonctionner le groupe électrogène, en considérant les heures de faible température et prenant en compte les données de centres existants, le réservoir aura une capacité de 30 à 40% de la consommation journalière.

- Nature du matériau du réservoir

Pour des raisons

- ✚ de qualité de mise en œuvre, il est recommandé que dans les zones où la qualification des entreprises de béton fait défaut, de réaliser des réservoirs métalliques. Les différents éléments sont fabriqués en atelier et le montage se fait sur le terrain. Le seul problème de qualité de béton réside dans la mise en œuvre des semelles ;

- ✚ de coût de mise en œuvre, le réservoir métallique est préféré à celui en béton.

- Implantation du château d'eau

Elle se fera sur la base d'un compromis d'un souci d'être sur un point élevé pour éviter d'importante hauteur sous radier et le souci d'être à une équidistance par rapport aux consommateurs.

4.9 Réseau de distribution

En raison de la dispersion des habitations et du faible revenu des usagers, il n'est ni techniquement, ni économiquement viable de concevoir un réseau sur la base d'une distribution par branchement privé. D'ailleurs, dans les systèmes d'AEPS existants dans la région de Mandoul, plus de 90% des populations prennent leurs eaux de consommations au niveau des bornes fontaines.

Le mode de distribution retenu reste la distribution par point d'eau collectif, la borne fontaine.

4.9.1 Type de réseau

Pour minimiser les coûts de mise en œuvre qui se répercuteraient sur le prix de l'eau, le réseau sera de type ramifié.

4.9.2 Nature des canalisations

Pour pallier à difficultés liées aux contraintes budgétaires et à la facilité d'exploitation, les canalisations seront en PVC. Pour faciliter la gestion de stock, on évitera une large gamme de diamètres : maximum trois (3) avec un DN minimal de 63mm.

4.9.3 Bornes Fontaines : Critère d'implantation et équipement

Le nombre de borne fontaine sera déterminé sur la base de :

- ✓ 500 habitants par borne fontaine (base utilisée par la Société Tchadienne de l'Eau) ;
- ✓ une distance maximale de 500m à parcourir par un usager pour avoir accès à une borne fontaine ;
- ✓ sécurité : on évitera que les usagers aient à traverser les voies de fort trafic (risques d'accidents) ;
- ✓ accessibilité en toute saison : on évitera les zones inondables;
- ✓ acceptation des critères ci-dessus par les populations : travaux d'IEC
- ✓ chaque borne fontaine sera équipée de deux(2) robinets : un de 20mm et un de 15mm.

4.9.4 Dimensionnement du réseau

Le réseau dimensionné pour le débit de pointe est calculé :

- ✓ soit sur l'hypothèse extrême : tous les robinets des bornes fontaines sont ouverts en même temps ;
- ✓ soit sur la base de l'application d'un coefficient de simultanéité : probabilité pour que tous les robinets soient ouverts en même temps : $k = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$

Avec k : Coefficient probable de simultanéité

n : Nombre de robinet par tronçon ($n \geq 2$)

✓ soit par la méthode classique : $Q_{ph} = Q_{mh} \times C_{ph}$

Le coefficient de pointe horaire est déterminé par la formule suivante : $C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}}}$

Le débit moyen horaire est fonction de : $Q_{mh} = Q_p / T$ (Q_p besoin en production et T temps de pompage)

4.10 Choix de la Source d'énergie

Dans la région de Mandoul, il n'existe pas de réseau public électrique. De ce fait, les équipements et appareils électriques seront alimentés par source autonome de production électrique. Cette source sera soit thermique (groupe électrogène), soit solaire (Energie solaire).

Le choix technique du type d'énergie présente des avantages et inconvénients suivants :

Tableau V : Avantages et inconvénients des sources d'énergie

Source d'énergie	Avantages	Inconvénients
Solaire	Peu de panne du système ; Durée de vie importante ; Frais d'entretien faible ; Frais de fonctionnement limité ;	Pompage lié à l'ensoleillement ; Coût élevé à la réalisation ; Sensibilité aux aléas climatiques ; Vol possible des panneaux
Thermique	Pompage au besoin ; Débit de pompage important ; Frais d'investissement faible.	Charges d'exploitation coûteuses ; Risque de panne élevé ; Exigence d'un stock régulier en carburant.

Recommandation : utilisation de thermique comme source d'énergie pour assurer la continuité de service. En cas de subvention, on pourrait combiner les deux sources d'énergie.

4.11 Mode de Gestion

La gestion par affermage sera préférée à la gestion communautaire qui a montré ses limites.

4.12 Prix de vente de l'eau

Le prix de vente de l'eau sera calculé pour couvrir :

- les charges d'exploitations (carburant, lubrifiant, pièce de rechange, salaire...)
- l'amortissement de l'électropompe immergée : durée technique de vie 5ans ;
- l'amortissement du groupe électrogène : durée technique de vie 5ans ;

4.13 Etude d'impact sur l'environnement

Il s'agit de mener une étude simplifiée sur l'environnement inhérent aux impacts du réseau d'AEP. Cette étude a pour objectif de déceler les impacts positifs et négatifs du futur aménagement sur le milieu naturel et humain de la zone de projet.

CHAPITRE V : PROPOSITION D'UNE ETUDE D'AVANT-PROJET SOMMAIRE D'AEPS DU CENTRE DE BARA II

5.1 Présentation de la zone d'étude

Situé dans la région de Mandoul, le centre de BARA II est dans le département de Bahr Sara et chef-lieu de canton BENGORO. Il s'étend sur une distance de 4,5 kilomètres de long. Il est relié à la ville de MOISSALA par une route nationale non bitumée.

Le centre de BARA II compte environ 5064 habitants en 2010 d'après les enquêtes réalisées par le projet 9^{ème} FED. Les ethnies rencontrées sont : Sara Madjingaye, Mbaye, Daye, Goulaye, etc. On y trouve dans la localité une école primaire, un collège d'enseignement général, un centre de santé et un marché hebdomadaire.

Les principales activités économiques du centre sont l'agriculture et l'élevage. Départ sa position géographique de carrefour et sa proximité avec la ville de MOISSALA, le centre est reconnu sur le plan régional en matière de production (coton, céréales, etc.) et de commercialisation des produits agro-sylvo-pastoraux.

5.2 Evaluation de situation hydraulique existante

La connaissance des structures actuelles en matière d'eau dans ce centre rural, nous facilitera la conception de système d'AEPS envisagé et le choix du point de captage. Ainsi, on dénombre dans le centre 15 puits traditionnels qui ont une profondeur moyenne de 17,5 m. le niveau statique observé en saison de pluie (juillet-septembre) est en moyen 8m, mais il descend progressivement au moment d'été (mars-juin) et peut atteindre jusqu'à 15m.

Il existe dans le centre deux (2) puits modernes construits en béton. Ces puits sont fonctionnels et fréquentés par la population. La profondeur moyenne de ce puits est de 28 m. La qualité de ces eaux dépend beaucoup de l'intensité d'utilisation et de leur entretien, mais elle ne peut être qualifiée de potable.

On compte dans le centre de BARA II cinq (5) forages équipés de pompes à motricité humaine. Parmi ces forages, trois (3) sont en bon état. Les fiches techniques (voir annexes 2et3) de deux (2) forages réalisés dans le cadre du projet d'Appui au Développement Local (PROADEL) en 2007 ont permis de consigner les données caractéristiques dans les tableaux ci-dessous :

Tableau VI : Données caractéristiques des forages à PMH dans le centre de BARA II

Forages	F2	F1
N°IRH	KOM-D-105	KOM-D-104
Longitude	17°34'30"	17°36'43"
Latitude	08°26'25"	08°27'10"
Profondeur totale (m)	49	47
profondeur équipée (m)	48,5	47
Sommet crépine (m)	41,5	40,6
Niveau statique (m)	14,62	13,77
Débit d'exploitation (m ³ /h)	17,1	18,2
Niveau dynamique (m)	19	17,8

Source (Base de données MHUR)

5.3 Qualité des eaux

Des analyses physico-chimiques des eaux ont été effectuées sur les forages F1 et F2 du centre de BARA II. Le résultat montre qu'en général les eaux sont de très bonne qualité. Du point de vue bactériologique, les eaux souterraines de ces formations sont naturellement potables et sont bien exclues de toute contamination extérieure.

Tableau VII : Résultats des analyses physico-chimiques

Paramètres	Unités	Forages		Normes Nationales
		F1	F2	limites maximales
Cond. Electrique	[μS/cm]	100	91	2500
PH		6,91	6,75	6,5-8,5
Dureté totale TH	[mg/l]	44	36	-
Calcium Ca ²⁺	[mg/l]	19	23	100
Magnésium Mg ²⁺	[mg/l]	25	13	50
Sodium Na ⁺	[mg/l]	5	3	200
Potassium K ⁺	[mg/l]	0,2	0,01	12
Fer Fe ²⁺	[mg/l]	0,05	0,02	0,3
Carbonate d'hydr HCO ₃ ⁻	[mg/l]	61	33	-
Chlorures Cl ⁻	[mg/l]	16	11	250
Sulfate SO ₄ ²⁻	[mg/l]	2	3	250
Nitrate NO ₃ ⁻	[mg/l]			50
Nitrite NO ₂ ⁻	[mg/l]	0	0	0
Ammonium NH ₄ ⁺	[mg/l]	0,01	0,1	0,5

Source : (Laboratoire National d'Analyse des Eaux Tchad, 2007)

5.4 Evaluation de besoin en eau

5.4.1 Estimation de population

Le centre de BARA II comptait 5064 habitants en 2010 d'après les résultats des enquêtes réalisées dans le cadre du projet 9^{ème} FED. Le taux d'accroissement de la région du Mandoul est de 2,9 % (source INSEED). Pour la suite de cette étude le taux d'accroissement régional sera considéré pour estimer le nombre de population du centre de BARA II. L'échéance du projet est fixée à 10 ans à compter de l'année 2012. La formule suivante est utilisée pour l'estimation de population à l'échéance du projet.

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

P_0 : Population initiale

P_n : Population projetée à l'échéance du projet

α : Taux d'accroissement

n : Nombre d'année

Le tableau suivant donne le nombre de population à l'échéance du projet :

Tableau VIII : Evolution de la population de centre de BARA II

Année 0	Année n	P_0	Taux	n	P_n
2012	2022	5362	2,9%	10	7136

5.4.2 Consommation spécifique

La distribution de l'eau dans le centre de BARA II se fera uniquement par les bornes fontaines. On estimera par la suite les besoins annexes du centre ou demande socio-économique (écoles, centre de santé, marché, mosquée, etc.) en fonction de la consommation domestique.

On adoptera les hypothèses suivantes :

- 20 litres par jour et par habitant, la consommation spécifique au niveau des bornes fontaines (selon les recommandations de l'OMS);
- Une borne fontaine approvisionne 500 habitants;
- Besoins annexes correspondent à 10% de la demande domestique.

5.5 Variation de consommation

5.5.1 Variation saisonnière :

Les variations saisonnières ont une influence sur la demande globale et les dimensions du système. Elles permettent d'évaluer les besoins de régulation de ressources en eau. Le coefficient de point saisonnier est donné par la relation suivante :

$$C_{ps} = \frac{D_{jmp}}{D_{jm}}$$

$Djmp$ = Demande journalière moyenne du mois de pointe

Djm = Demande journalière moyenne (sur l'année)

C_{ps} = coefficient de pointe saisonnier

5.5.2 Variation journalière :

Le coefficient de pointe journalier exprime le retour de façon cyclique du comportement des usagers au cours de la semaine. Ce coefficient de pointe journalière est indépendant de la saison. Il est donné par l'expression :

$$C_{pj} = \frac{Djp}{Djmp}$$

Djp = Demande du jour de pointe (m³/j)

$Djmp$ = Demande journalière moyenne du mois de pointe

L'application de coefficient de pointe journalier et saisonnier conduira à une surestimation de consommation journalière donc on considère $C_{ps} = C_{pj} = 1$ pour éviter le surdimensionnement du réseau.

5.6 Demande en eau

5.6.1 Besoin journalier moyen domestique (Q_{jm})

Pour le calcul de besoin journalier moyen, on utilisera la formule suivante:

$$Q_{jm} = \text{Population à l'échéance du projet} \times C_s$$

C_s : Consommation spécifique en l/j/habitant

5.6.2 Besoin de pointe journalier (Q_{pj})

Le besoin de pointe journalier dépend du coefficient de pointe journalier. Pour ce projet il est égal au besoin journalier moyen :

$$Q_{pj} = Q_{jm}$$

5.6.3 Besoins annexes

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

5.6.4 Besoins pastoraux

Pour dimensionner un réseau en milieu rural il est important de tenir compte du Besoin de bétail. Mais dans le cas de ce projet, la consommation d'eau pour le cheptel se fera aux points d'eau alternatifs.

5.6.5 Besoin journalier total (Q_{jt})

Le besoin journalier total est la somme de besoin journalier moyen et de besoins annexes :

$$Q_{jt} = Q_{jm} + Q_{Ba}$$

5.6.6 Besoin en production (Q_p)

Le besoin en production est le rapport de la consommation journalière totale sur le rendement de réseau (95%). Les pertes d'eau dans le réseau seront évaluées à 5% de la consommation journalière.

$$Q_p = \frac{Q_{jt}}{0,95}$$

Tableau IX : Besoin journalier en production

Branchement	Pop à 2020	C_s (l/j/hbt)	Q_{jm} (l/j)	Q_{jm} (m^3/j)	Q_{pj} (m^3/j)	Besoins Annexes (%)	Q_{jt} (m^3/j)	Q_p (m^3/j)
Borne Fontaine	7136	20	142 720	142,720	142,720	10	156,992	165,25
Total	7136		142 720	142,720	142,720		156,992	

5.7 Ressource en eau

Dans le centre de BARA II, les forages existants ont des débits supérieurs à $10m^3/h$. L'eau des forages est de bonne qualité et ne nécessitant pas un traitement particulier. Pour le futur système d'AEP de centre de BARA II, le forage sera utilisé comme ouvrage de captage.

La ressource en eau disponible doit couvrir le besoin en production (**$165,25m^3/j$**).

En considérant un temps de pompage de 16 heures par jour, on obtient la quantité d'eau à injecter dans le réseau par la formule suivante : $Q_{add} = \frac{Q_p}{T}$

$$Q_{add} = 10,33 m^3/h$$

Les débits d'exploitation des forages F1 et F2 dans le centre de BARA II sont respectivement $18,2 m^3/h$ et $17,1 m^3/h$ (voir tableau IV ci-dessus). Ces débits sont largement supérieurs au débit d'adduction théorique ($10,33m^3/h$). L'exploitation de ces forages est suffisante pour couvrir la demande en eau de la population à l'horizon 2022. Cette situation nous amène à proposer la réhabilitation du forage F1 pour alimenter de futur système d'AEPS du centre de BARA II.

5.8 Réseau de distribution

Le système AEP proposé pour le centre de BARA II comprendra les ouvrages principaux suivants :

- ✓ des ouvrages de captage et de pompage d'eau ;
- ✓ des bornes fontaines ;
- ✓ un réservoir de stockage ;
- ✓ des réseaux d'adduction et de distribution.

5.8.1 Ouvrage de captage

Le captage de l'eau se fera par de pompe immergée installée dans le forage F1 à réhabiliter. Le pompage se fera par une source d'énergie thermique dont les caractéristiques (groupe électrogène et pompe immergée) seront déterminées dans les pages suivantes.

5.8.2 Implantation des bornes fontaines et nombre de fontaine

Le choix de borne fontaine est définie par la taille de population totale, du nombre d'usagers par borne fontaine, de la répartition spatiale des habitations et dans certains lieux (écoles, marché, grande mosquée.....)

Pour le centre de BARA II, on considère une distance maximale de 500 m à parcourir pour accéder à une borne fontaine et doit desservir 500 habitants. Ainsi le nombre des bornes fontaines à l'horizon du projet est déterminé par la relation suivante :

$$n_{BF} = \frac{\text{population}_{2022}}{\text{nombre d'habitant par BF}}$$

En fonction du revenu de la population, il sera retenu **10 bornes fontaines** pour satisfaire le besoin de la population à l'échéance du projet. Les emplacements des bornes fontaines sont indiqués sur le plan en **annexe1**.

5.8.3 Stockage

Le stockage de l'eau permettra de donner un confort aux usagers lors de la distribution. Le château d'eau permettra d'assurer un volume de sécurité et servira pour la mise en pression du réseau. Il sera installé sur un point dont la surélévation aidera pour l'alimentation en eau à une pression idéale des points les plus défavorables sur le réseau. Le réservoir de stockage peut être en acier ou en béton. Ces deux types de réservoir sont adaptables aux conditions climatiques du sahel. Le réservoir en béton est plus résistant que celui qui est en acier. Pour ce projet le réservoir en acier est retenu. La capacité de stockage pour la réserve de distribution sera égale à 30% de la consommation journalière de pointe. La réserve d'incendie ne sera pas prise en compte.

5.9 Structure du réseau et nature des canalisations

Le réseau de distribution de centre de BARA II comprendra des conduites primaires, secondaires et tertiaires. Les bornes fontaines et les éventuels branchements privés seront branchés sur les conduites secondaires. Le réseau considéré est du type ramifié. Il permettra d'assurer une qualité de service minimale tout en limitant les coûts des investissements. On utilisera les conduites en polychlorure de vinyle (PVC) en raison de leur faible coût et de leur facilité de maniement, et ce malgré leur faible résistance aux charges lourdes et à l'insolation.

5.10 Tracé du réseau de distribution

Pour tracer et mettre en service un réseau fonctionnel susceptible de satisfaire les besoins en eau de la population, le tracé du réseau sera défini de manière à desservir toutes les zones de distribution. Les Bornes Fontaine seront placées sur les conduites en fonction de certains indices figurant sur le plan du réseau (**voir annexe1**). Les conduites seront posées le long des voies de circulation existantes et éviteront les domaines privés (pour des facilités de pose et de maintenance ultérieure des installations).

Les conduites seront enterrées pour les protéger contre les intempéries et éviter l'encombrement des voies de circulation. Elles seront protégées à la traversée des routes par un fourreau en acier. Aussi on s'assurera que les conduites ont des pentes minimales de 0.3%. Les ouvrages de sécurités à mettre sur le réseau sont : les ventouses pour purger l'air de la conduite, le regard vanne pour faire la vidange et les vannes de sectionnement. Le plan du centre de BARA II et les données topographiques ont permis de tracer le réseau de distribution (**voir annexe1**) dont les distances et les cotes de terrain sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau X : Distance et cotes de terrain naturel des tronçons

Tronçons	L (m)	H amont (m)	H aval (m)
P5-BF6	160	323.1	323.5
P4-P5	413	324.3	323.1
P8-BF7	110	324	323.5
P8-BF9	130	324	323
P4-P8	324	324.3	324
P3-P4	212	325.8	324.3
P7-BF4	160	322	320.1
P6-P7	560	323.4	322
P6-BF5	100	323.4	323
P3-P6	490	325.8	323.4
P2-P3	220	326.3	325.8
P2-BF3	80	326.3	325.6
P10-BF10	200	324	323
P9-P10	815	325	324
P9-BF8	150	325	325.2
P2-P9	475	326.3	325
P1-P2	460	326	326.3
P1-BF1	115	326	327
P11-BF2	100	326.1	326
P1-P11	450	326	326.1
R-P1	530	328	326
Total	6254		

5.11 Dimensionnement de conduite

En raison du faible taux de fréquentation des consommations aux branchements privés, le réseau sera dimensionné sur la base d'un mode de distribution par borne fontaine. Trois voies existent :

- Débit calculé sur la base du nombre de robinet ouvert simultanément :

$$k = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

- Hypothèse pessimiste : tous les robinets sont ouverts en même temps ;
- Débit calculé sur la base d'un coefficient de pointe horaire calculé en partant du temps de fonctionnement des bornes fontaines en heure par jour.

Le débit de calcul d'installation est donné par la formule suivante:

$$Q_{cal} = q \times n \times k$$

k : Coefficient probable de simultanéité

n : Nombre de robinet par tronçon ($n \geq 2$)

q (l/s) : débit d'un robinet

5.11.1 Détermination du débit ponctuel au niveau de borne fontaine (q_{poncBF})

Chaque BF a un débit de 1l/s. Les bornes fontaines seront équipées de deux (2) robinets un de 0,6 l/s et un de 0,4l/s.

Tableau XI : Récapitulatif du débit des conduites du réseau

Tronçons	Longueurs	Nombre BF	Nombre de robinet	K	Q (l/s)
P5-BF6	160	1	2	1	1.00
P4-P5	413	0	0	---	1.00
P8-BF7	110	1	2	1	1.00
P8-BF9	130	1	2	1	1.00
P4-P8	324	0	0	---	2.00
P3-P4	212	0	0	---	3.00
P7-BF4	160	1	2	1	1.00
P6-P7	560	0	0	---	1.00
P6-BF5	100	1	2	1	1.00
P3-P6	490	0	0	---	2.00
P2-P3	220	0	0	---	5.00
P2-BF3	80	1	2	1	1.00

P10-BF10	200	1	2	1	1.00
P9-P10	815	0	0	---	1.00
P9-BF8	150	1	2	1	1.00
P2-P9	475	0	0	---	2.00
P1-P2	460	0	0	---	8.00
P1-BF1	115	1	2	1	1.00
P11-BF2	100	1	2	1	1.00
P1-P11	450	0	0	---	1.00
R-P1	530	0	0	---	10.00
TOTAL	6254				

5.11.2 Détermination de pertes de charge (h_r) par la formule Manning-Strickler

Les pertes de charges dans les conduites sont données par l'expression suivante :

$$h_r = 1.1 \times \frac{L(10,29 \times Q^2)}{K_s^2 \times D^{16/3}}$$

5.11.3 Pression de service

La pression de service délivrée par le système de distribution doit permettre à l'utilisateur d'opérer les prélèvements d'eau normalement sans effort supplémentaire. La pression de service admise en AEP varie entre 5mCE et 20mCE (Source poly. AEP de Mr ZOUNGRANA.)

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$P_{aval} \text{ pr } Max Z_{min} \text{ aval}(m) = Max Z_{min} \text{ aval}(m) - Z_{TN} \text{ aval}(m) - \sum J(m)$$

$$Z_{min} \text{ aval}(m) = P_{min} \text{ aval}(m) + Z_{TN} \text{ aval}(m) + \sum J(m)$$

Pression minimale de service : 5mCE

Vérification de Vitesse : Condition de Flamant : $0.30 < V < 0.60 + D$ (m)

Tableau XII : Dimensionnement de conduite de réseau de distribution

Tronçons	L(m)	Q(l/s)	Dth (mm)	Dint(mm)	Dext(mm)	J(m)	ΣJ (m)	Cote TN(m) aval	Pmin en X (m)	Zmin(m) (imposé par X)	P en X (m) pour Max de Zmin	V(m/s)	FLAMANT
P5-BF6	160	1.00	39.89	57	63	0.543	7.209	323.5	5	335.71	11.48	0.39	Vérifié
P4-P5	413	1.00	39.89	57	63	1.402	6.666	323.1	5	334.77	12.42	0.39	Vérifié
P8-BF7	110	1.00	39.89	57	63	0.373	10.036	323.5	5	338.54	8.65	0.39	Vérifié
P8-BF9	130	1.00	39.89	57	63	0.441	10.104	323	5	338.10	9.08	0.39	Vérifié
P4-P8	324	2.00	56.42	57	63	4.399	9.663	324	5	338.66	8.52	0.78	Vérifié
P3-P4	212	3.00	69.10	99.4	110	0.334	5.264	324.3	5	334.56	12.62	0.39	Vérifié
P7-BF4	160	1.00	39.89	57	63	0.543	14.027	320.1	5	339.13	8.06	0.39	Vérifié
P6-P7	560	1.00	39.89	57	63	1.901	13.484	322	5	340.48	6.70	0.39	Vérifié
P6-BF5	100	1.00	39.89	57	63	0.339	11.923	323	5	339.92	7.26	0.39	Vérifié
P3-P6	490	2.00	56.42	57	63	6.653	11.583	323.4	5	339.98	7.20	0.78	Vérifié
P2-P3	220	5.00	89.21	99.4	110	0.962	4.930	325.8	5	335.73	11.45	0.64	Vérifié
P2-BF3	80	1.00	39.89	57	63	0.272	4.240	325.6	5	334.84	12.34	0.39	Vérifié
P10-BF10	200	1.00	39.89	57	63	0.679	13.863	323	5	341.86	5.32	0.39	Vérifié
P9-P10	815	1.00	39.89	57	63	2.767	13.184	324	5	342.18	5.00	0.39	Vérifié
P9-BF8	150	1.00	39.89	57	63	0.509	10.927	325.2	5	341.13	6.06	0.39	Vérifié
P2-P9	475	2.00	56.42	57	63	6.450	10.418	325	5	340.42	6.77	0.78	Vérifié
P1-P2	460	8.00	112.84	126.6	140	1.417	3.968	326.3	5	335.27	11.92	0.64	Vérifié
P1-BF1	115	1.00	39.89	57	63	0.390	2.942	326	5	333.94	13.24	0.39	Vérifié
P11-BF2	100	1.00	39.89	57	63	0.339	4.418	326	5	335.42	11.77	0.39	Vérifié
P1-P11	450	1.00	39.89	57	63	1.528	4.079	326.1	5	335.18	12.01	0.39	Vérifié
R-P1	530	10.00	140.00	126.6	140	2.551	2.551	328	5	335.55	11.63	0.79	Vérifié

5.11.4 Détermination du Hauteur sous cuve du réservoir

La cote la plus élevée du terrain naturel pour l'emplacement du château est de 328m, On calcule la hauteur sous cuve par la formule suivante :

$$H = \text{Max}(Z_{\text{min Imp}}) - Z_{TN}(\text{réservoir}) = 342,18 - 328$$

$$H = 14,18 \text{ m}$$

Le radier du réservoir sera implanté à une hauteur de **14 m** au-dessus du terrain naturel.

Les pressions de service varient entre **5 mCE** à **13,24 mCE**,

Les vitesses dans les conduites varient entre **0,39 m/s** à **0,79 m/s**, condition de flamant vérifiée.

Les diamètres standards ainsi que leurs longueurs respectives sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau XIII : Diamètres et longueurs des tronçons

Diamètres (mm)	63	110	140	Total
Longueurs (ml)	4832	432	990	6254

5.12 Dimensionnement du réservoir

La capacité de stockage sur le réseau de distribution est comprise entre 30% et 40%, pour ce projet on considère 30% de la consommation journalière de pointe. On ne tient pas compte de la réserve d'incendie. Les résultats de calcul du dimensionnement sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIV : Dimensionnement du réservoir de stockage

Centre de BARA II	Caractéristiques du réservoir
Demande journalière de pointe (m ³ /j) à l'échéance du projet	156,992
Volume de stockage utile (m ³) 30% de demande journalière de pointe	47,10
Volume standard retenu (m ³)	50
Hauteur de la cuve (m)	3
Diamètre de la cuve (m)	4,6
Hauteur sous cuve (m)	14

Ainsi, nous retenons pour le centre de BARA II, un château d'une capacité de **50m³** avec une hauteur du réservoir de **3m** et d'un diamètre de **5,00m**. Le radier de la cuve sera implanté à **14 m** au-dessus naturel.

5.12.1 Vérification du temps minimal de contact

Dans le réservoir, on préconise de mettre de chlore pour le traitement avant sa distribution, cependant il faudra un temps minimal de contact (T_c) supérieur ou égal à 2 heures.

$$T_c = \frac{C_u}{Q_{distribué}} = \frac{50}{10} = 5 > 2 \text{ heures condition vérifiée,}$$

Vérification du temps de séjour :

Le chlore nécessite un temps maximal de 48 heures de contact avec l'eau pour jouer son rôle de désinfectant.

La vérification du temps de séjour du chlore dans le réservoir se fait par le rapport de la capacité utile du réservoir à la consommation journalière de pointe.

$$T_s = \frac{C_u}{Q_{pj}} = \frac{50}{142,720} = 0,35 \text{ jour} < 2 \text{ jours, condition vérifiée}$$

5.13 Dimensionnement de conduite de refoulement

La conduite de refoulement est déterminée par les formules suivantes :

- Formule de Bresse : $D_{th}(m) = 1,5 \times \sqrt{Q_j}$ (m3/s)
- Formule de Bresse Modifié : $D_{th}(m) = 0,8 \times \sqrt[3]{Q}$ (m3/s)
- Formule de Munier : $D_{th}(m) = (1+0,02n) \sqrt{Q}$ (m3/s) avec n : nombre d'heure de pompage/jour

Condition de Flamant : $V \text{ (m/s)} \leq 0,6 + D(m)$

La longueur des conduites de refoulement du forage F1 est de 10m.

Tableau XV : Dimensionnement de conduite de refoulement

Formules	Débit (m ³ /s)	Dth (mm)	Dint(mm)	DN (mm)	Vitesse (m/s)	Flamant
BRESSE	0,00303	82,54	96,80	110	0,41	Vérifié
BRESSE Modifié	0.00303	115,73	126,60	140	0.25	Non Vérifié
Munier	0.00303	72,63	81,40	90	0.61	Vérifié
Choix final				90	0.61	OK

Le diamètre de conduite de refoulement considéré est de 90mm, ce choix permet d'économiser le coût l'énergie et de minimiser les pertes de charge.

5.13.1 Détermination du diamètre de colonnes montantes forage et réservoir

Les diamètres de colonnes montantes de forage et réservoir en acier galvanisé sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XVI : Diamètre du conduite de refoulement (forage et réservoir)

Formule	Débit (m ³ /s)	Dth (mm)	Dint(mm)	DN (mm)
BRESSE	0,003	72,63	81,4	90

5.14 Choix de pompe immergée et Groupe électrogène

Dans cette partie, nous avons pris en compte les données caractéristiques de forages existants dans le centre de BARA II, 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 mini système d'alimentation en eau potable. Considérons le niveau dynamique pour le forage F1 à réhabiliter pour l'installation de la pompe immergée.

Supposons que le niveau dynamique du F1 n'a pas évolué et que la pompe immergée à installer soit calée à 5m en dessous de niveau dynamique.

5.14.1 Détermination de la Hauteur Géométrique totale (HGT) et la Hauteur Manométrique Totale (HMT)

La HGT est donnée par la formule suivante :

$$HGT(m) = ND(m) + \Delta h(m) + H_{réservoir/sol}(m)$$

$ND(m)$: Niveau dynamique du forage

$\Delta h(m)$: Dénivelé entre le forage et le réservoir

$H_{réservoir/sol}(m)$: Hauteur du réservoir par rapport au sol

La HMT est déterminée par la relation suivante :

$$HMT(m) = HGT(m) + \Delta H(m) + 2m$$

$\Delta H(m)$: Perte de charge dans la conduite

Tableau XVII : Détermination du HGT et HMT

Forage F1	
Cote réservoir/sol (m)	328
Cote forage /sol (m)	326,9
Hauteur réservoir(m)	14
Débit adduction (m ³ /h)	10,33
Niveau dynamique(m)	19
Dénivelé forage –réservoir (m)	1,1
HGT(m)	39,1
(ΔH) Pertes de charges (m)	0.11
HMT(m)	41,11

5.14.2 Choix des pompes

Le débit d'adduction et la hauteur géométrique totale nous permet de choisir une pompe pour l'ouvrage de captage. A partir du catalogue GRUNDFOS, nous avons choisi la pompe immergée SP14A. La caractéristique de la pompe est la suivante : Type de pompe : SP14A-7, Moteur MS402, Puissance 2.2 KW. Le diamètre maxi de la pompe est de 101mm, c'est une pompe en acier inoxydable.

5.14.3 Détermination de puissance apparente de groupe électrogène

$$P_a = \frac{P_{absorbée} (KW)}{\eta_{groupe\ électrogène} \times \cos\varphi}$$

$P_{absorbée}$: Puissance absorbée par la pompe est par le constructeur GRUNDFOS : 2,2 KW ;

$\eta_{groupe\ électrogène}$: Rendement électrique du groupe électrogène : 80%

$\cos\varphi$: Facteur de puissance : 0,8

$$P_a = \frac{2,2}{0,8 \times 0,8} = 3,44\ KVA$$

Dans le catalogue SDMO, nous choisissons le groupe électrogène de caractéristiques suivantes :

Tableau XVIII : Caractéristique de groupe électrogène

Gamme	Type de Groupe	Puissance apparente	Consommation	Réservoir
1500tr/mn	Pacific TM 11,5K	5,5 KVA	1,2 litres / heure	43 litres

5.15 Spécification techniques des équipements

❖ Réservoir

Le Réservoir d'eau comprend les caractéristiques suivantes :

- Une conduite d'alimentation en acier galvanisé DN 90, alimentant le réservoir par le haut et une conduite de distribution en acier DN 110, munie d'un compteur et d'un robinet vanne à volant en fonte et une crépine dont la position au-dessus du fond de la cuve sera d'environ 30 cm ;
- Une conduite de trop plein en acier galvanisé DN 80 ;
- Une conduite de vidange DN 100 en acier galvanisé munie d'une vanne quart de tour en hauteur ;
- 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. Le schéma de principe de réservoir est donné en annexe 6

❖ **Conduites**

L'ensemble des conduites enterrées sont en PVC, de diamètres 63, 110, et 140 mm, de pression nominale de 10 bars en longueur de 6 mètres. Les conduites en acier galvanisé sont utilisées dans la mise en place des bornes fontaines et du réseau d'adduction. Les raccords et pièces spéciales (coudes, réductions, manchons) sont en fonte ductile. Les fouilles des conduites ont une profondeur minimale de 0,8 m et une largeur de 0,5 m. Un lit de pose de sable de 10 cm d'épaisseur est mis en place avant la pose des conduites. Les différentes pièces ou raccord donnant lieu à un changement de direction sont calées par des butées en béton dosé à 250 kg. Pour la traversée des routes, les conduites sont introduites dans des fourreaux de protection en acier.

❖ **Robinets vannes**

Les robinets-vannes de sectionnement sont installés avec des bouches à clé en fonte de diamètre correspondant à la conduite sur laquelle ils sont placés pour permettre l'isolement des tronçons en cas d'intervention.

❖ **Purges et ventouses**

L'étude a proposé un certain nombre de purges et ventouses sur les profils en long. Les filtres sont aussi à prévoir sur le réseau afin d'éliminer les corps étranger circulant dans une conduite et susceptible de nuire au bon fonctionnement des équipements.

❖ **Pompe**

La pompe est munie d'un coffret de commande et de protection « manque d'eau » qui comprend un transformateur, un contacteur, une platine de contrôle niveau, un commutateur marche /arrêt, un voyant et un relais thermique. Une électrode pour la protection « manque d'eau » est installée au-dessus de pompe, sa position sera fonction de caractéristiques du forage. Le passage du câble est en gaine enterrée jusqu'à l'abri groupe. Tous les câbles et gaines en contact avec l'eau de pompage sont de qualité alimentaire. 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, on a 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.

❖ **Groupes électrogènes**

Le groupe électrogène doit avoir un moteur diesel (1500 tr/mn) refroidi à air ou à eau.

L'échappement doit sortir à l'extérieur de l'abri groupe afin d'éviter les désordres que peuvent occasionner les vibrations du groupe électrogène. Le groupe doit être livré et monté sur un châssis anti-vibration.

❖ **Aménagement**

Pour l'utilisation des eaux souterraines, nous prévoyons d'aménager la tête de forage. Les tuyaux de la tête de forage seront en fonte ou en Inox.

Ces travaux comprennent :

- Mise en place d'un massif de béton armé dosé à 350kg/m^3 ;
- Mise en place d'un système de fixation de la colonne montante ;
- Mise en place d'un système permettant la mesure du niveau d'eau dans le forage (tuyaux muni d'un bouchon de diamètre et de longueur suffisants et placé par rapport aux câbles de la pompe afin de permettre le passage aisé d'une sonde de niveau électrique) ;
- Fourniture et pose d'un clapet anti-retour (fonte) y compris accessoires de montage adapté au diamètre, d'une ventouse, d'un manomètre et d'un compteur ;

5.16 Etude d'impact environnemental

❖ **Les impacts sur le milieu physique et biologique**

- Risque de pollution (air, infiltration des déchets, sonore...) pendant la phase des travaux ;
- Déboisement, défrichage,

❖ **Les impacts sur le milieu humain**

- Amélioration des revenus de la population ;
- Raccourcissement de la distance parcourue d'un point d'eau pour les besoins ;
- Lutte contre la pauvreté à travers la création de l'emploi ;
- Dégagement des habitations pour faire passer certaines canalisations ;
- Pertes de terre cultivable

Mesures d'atténuation

Il faudra mettre en place un programme rigoureux de gestion et d'entretien de l'ensemble des ouvrages réalisés pour pérenniser les impacts positifs du projet. L'atténuation des impacts vise la meilleure intégration possible du projet à son environnement. A cet effet, il est important de préciser les actions correctives ou les ajouts prévus pour réduire voir éliminer les impacts négatifs.

Sur le milieu physique et biologique

- Collecte et élimination des déchets liquides et solides sur les sites ;
- Prévoir des installations sanitaires pour le personnel du chantier ;
- Prendre des précautions nécessaires afin de remettre en place la terre arable décapée ;
- Planter les arbres pour compenser ceux qui seront détruits.

Sur le plan humain

- Sensibiliser les riverains sur les risques du paludisme et les maladies hydriques ;
- Assurer le respect et le contrôle rigoureux des conditions d'hygiène sur le chantier,
- Garantir un environnement de travail mieux sécurisé pour le personnel.

5.17 Proposition d'un mode de gestion de système d'AEPS

Pour assurer le bon fonctionnement du système d'AEPS dans la région, le système de gestion communautaire qui convient au mieux est de type de contrat par affermage.

L'article 2 du code de l'eau (Tchad) définit l'affermage comme : << contrat par lequel une personne publique (l'Autorité Affermante) confie à une personne morale de droit public ou de droit privé (le fermier), pour une durée déterminée, l'exploitation d'un service public à ses risques et périls, contre une rémunération versée par les usagers et aux moyens d'infrastructures mis à sa disposition par l'autorité Affermante, dont l'établissement, l'acquisition, le renouvellement, le renforcement, l'extension et/ou le gros entretien sont principalement financés ou réalisés par cette dernière. Le fermier verse à l'autorité Affermante une redevance dont le montant est déterminé à l'avance dans le contrat d'affermage, en vue de l'amortissement des infrastructures mis à sa disposition par l'autorité Affermante. >>

A la fin de la réalisation du système simplifié d'AEP dans les centres ruraux, le MHUR délègue le pouvoir de la gestion du service public de l'eau aux collectivités territoriales décentralisées. Les CTD délèguent à leur tour la gestion de l'eau aux associations d'usagers (AUE) par contrat de délégation de gestion.

Il faudra créer au niveau de centres une association des usagers de l'eau (AUE) qui aura la

responsabilité de contrôler la qualité de service et assurer le bon fonctionnement du réseau. L'AUE doit disposer un statut et un règlement intérieur et sera reconnu par l'administration locale. Elle est organisée autour d'un bureau, qui est composé d'un président, d'un trésorier, d'un secrétaire général et de deux représentants. Pour la bonne maîtrise du système, l'AUE doit déléguer la gestion de service de l'eau aux exploitants privés par un contrat de travail ou à un opérateur privé par un contrat d'exploitation. Ce dernier doit recruter ses propres agents (Fontainier, gardien, maintenancier etc.). L'opérateur Délégué est rémunéré au pourcentage du volume d'eau vendue.

Les usagers (consommateurs) participent à la conception et à la définition des modalités de gestion des systèmes d'adduction d'eau potable. Ils 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.

5.18 Etude économique

Le devis estimatif et quantitatif du projet de centre de BARA II est donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIX : Devis estimatif et quantitatif

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
	INSTALLATION DE CHANTIER	FF	1 500 000	1 500 000	1 500 000
I	TERRASSEMENT				
I.1	Tranchées pour pose de canalisation de profondeur 0,8m, largeur 0,5m	m3	2 502	2 000	5 004 000
I.2	Lit de pose de 10 cm d'épaisseur dans le fond des tranchées	m3	313	1 000	313 000
I.3	Remblais pour fermeture de fouille	m3	2 502	1 000	2 502 000
	Sous Total I				9 319 000
II	EQUIPEMENTS HYDRAULIQUES				
II.1	Conduites en PVC				
II.2	Fourniture et pose de canalisation PVC 63 PN10	MI	4 832	5 500	26 576 000
II.3	Fourniture et pose de canalisation PVC 110 PN10	MI	432	8 500	3 672 000
II.4	Fourniture et pose de canalisation PVC 140 PN10	MI	990	13 500	13 365 000
	sous Total II		6 254		43 613 000

III	Accessoires				
III.1	Fourniture et pose de vanne sur canalisation PVC 110 et 140PN10	FF	1	1 500 000	1 500 000
III.2	Raccords divers	Ens	1	200 000	200 000
	Ouvrages de sécurité				
III.3	Fourniture et pose de ventouses	U	2	125 000	250 000
III.4	Fourniture et pose de vannes de vidange	U	2	125 000	250 000
	Robinetterie				
III.5	Borne fontaine complète avec 2 robinets de puisage (standard Français), compteur volumétrique (2.5 m3 PN 10), raccords, joints, accessoires hydrauliques, ouvrage d'assainissement (puits perdu, rigole...)	U	10	300 000	3 000 000
	Sous Total III				5 200 000
IV	OUVRAGES DE STOCKAGE				
IV.1	Fourniture et pose d'un château métallique de 50m3 avec hauteur du radier 15m y compris accessoires (conduites, by-pass, trop plein, vidange)	U	1	20 000 000	20 000 000
	Sous Total IV				20 000 000
V	EQUIPEMENT D'EXAURE ET ENERGIE				
V.1	Fourniture et pose de groupe électrogène 5.5 KVA 230/400v	U	1	5 000 000	5 000 000
V.2	Fourniture et pose d'une électropompe immergée de type GRUNDFOS	U	1	2 000 000	2 000 000
V.3	Fourniture des Pastilles de chlore	U	1	600 000	600 000
	Sous Total V				7 600 000
VI	Locaux				
VI.1	Bâtiment pour le bureau et local pour le groupe électrogène	Ens	1	3 000 000	3 000 000
VI.2	Bâtiment gardien	Ens	1		750 000
VI.3	ETUDES, SUIVI ET CONTRÔLE TRAVAUX	Ens	1	10 000 000	10 000 000
	TOTAL HORS TAXES				99 482 000
	MONTANT TVA (18%)				17 906 760
	TOTAL TOUTES TAXES COMPRISES				117 388 760

Le coût d'investissement du projet s'élève à cent dix-sept millions trois cent quatre-vingt-huit mille sept cent soixante Franc CFA.

5.19 Coût de revient de mètre cube d'eau

Pour une bonne gestion des ouvrages hydrauliques, il est important que les populations bénéficiaires soient impliquées à tous les niveaux. C'est ainsi qu'ils doivent supporter les frais d'investissement et de fonctionnement en payant le mètre cube d'eau à un prix conséquent tout en restant dans l'intervalle de leurs possibilités financières.

Le prix de revient de mètre cube d'eau est calculé par la formule suivante :

$$P_r = \frac{A + I + C}{P}$$

P_r : Prix de revient de l'eau en m³ ;

A : Amortissement des équipements ;

P : Production d'eau à l'échéance du projet ;

I : Investissement ;

C : Charge d'exploitation et d'entretien des ouvrages.

❖ Calcul d'amortissement des équipements

Tableau XX : Amortissement des équipements

Désignation	Base d'amort. FCFA	durée de vie	Amort. annuel FCFA
groupe électrogène	5 000 000	5	1 000 000
pompe Immergée	2 000 000	5	400 000
Château en Acier	20 000 000	20	1 000 000
Canalisation en PVC	43 613 000	10	4 361 300
Accessoires	1 500 000	5	300 000
Bornes fontaine	48 676 000	10	4 867 600
total Amortissements annuels			11 928 900
total Amortissements à l'horizon du projet			119 289 000

❖ Détermination de charge d'exploitation et maintenance du système

- Salaire personnel ;
- Achat de pastilles de chlore;
- Prix de carburants et lubrifiant;
- Frais d'entretien (groupe, château, réseau.....)

Les charges d'exploitations et maintenances seront évaluées à 0,5% sur le coût total d'investissement jusqu'à l'horizon du projet. Ces charges sont égales à **5 869 438 FCFA**.

❖ **Détermination de production d'eau à l'échéance du projet**

La production d'eau à l'échéance du projet est obtenue par le calcul suivant :

$$\text{Production (P)} = 174,44 \text{ m}^3/\text{jour} \times 365 \text{ jours} \times 10 = \mathbf{636\ 706 \text{ m}^3}$$

❖ **Le prix de revient de l'eau est :**

$$P_r = \frac{117\ 388\ 760 + 119\ 289\ 000 + 5\ 869\ 438}{636\ 706} = 380,94 \text{ FCFA/m}^3$$

En tenant compte de rentabilité, le prix de l'eau sera fixé à **400FCFA le mètre cube** soit **10 FCFA** le bidon de **25litres** et **80Franc** le fût de 200 litres.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

L'élaboration d'un modèle d'étude technique simplifié d'AEPS pour les centres ruraux de la région de Mandoul revêt une certaine importance pour les services techniques de la Délégation régionale et la population bénéficiaire.

Les objectifs fixés par DAEP prennent en compte les études techniques. Le canevas pour le dimensionnement proposé restera un document de référence pour les travaux du projet d'adduction en eau potable dans les petits centres et comme données de recherche pour les acteurs impliqués dans le domaine de l'eau.

Une démarche de conduite de l'étude d'avant-projet sommaire de système simplifié d'AEP dans la région de Mandoul est proposée avec des options techniques et choix des intrants de dimensionnement pour les futures AEP ainsi qu'une application pour le centre de Bara II.

A cet effet, un état des lieux des ouvrages de captages et des systèmes d'AEP existants dans la zone d'étude est fait, ce qui a permis d'en faire le diagnostic adéquat pour améliorer l'accès aisé des populations à l'eau potable.

En somme, ce qu'il convient de retenir, c'est que la région de Mandoul n'a pas été oubliée en termes d'accès à l'eau potable par les acteurs du domaine, notamment l'Etat tchadien. Toutefois, les infrastructures Hydrauliques ne sont pas toujours adaptés à l'accroissement rapide de la population, aussi bien en qualité qu'en quantité, ce qui vraisemblablement, est cause d'insuffisance et de divers autres problèmes dans la mesure où la population croît beaucoup plus vite que les ressources et le développement.

Pour la réalisation des futurs systèmes d'AEP et leurs pérennisations, nous recommandons ce qui suit :

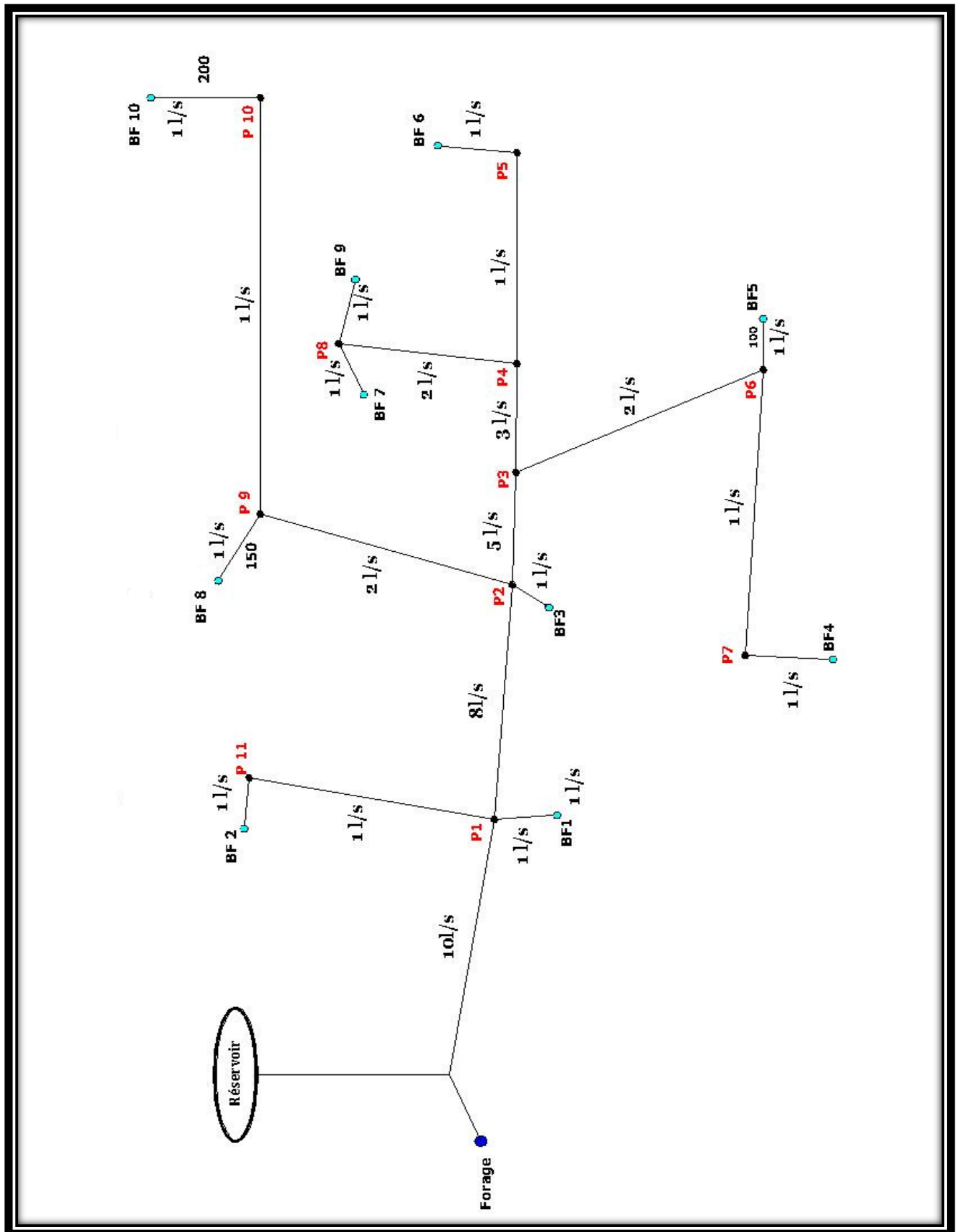
- ✓ promotion de l'utilisation de l'énergie solaire dans les petites localités ;
- ✓ utilisation simultanée de l'énergie solaire et thermique dans certaines localités ;
- ✓ appui à la création et la structuration des comités de gestion bien avant la réalisation proprement dite des ouvrages;
- ✓ confier la délégation du service de l'eau à un opérateur privé sélectionné sur appel d'offre concurrentiel
- ✓ confier la gestion des centres dépassant 10 000 habitants à la STE.

BIBLIOGRAPHIE

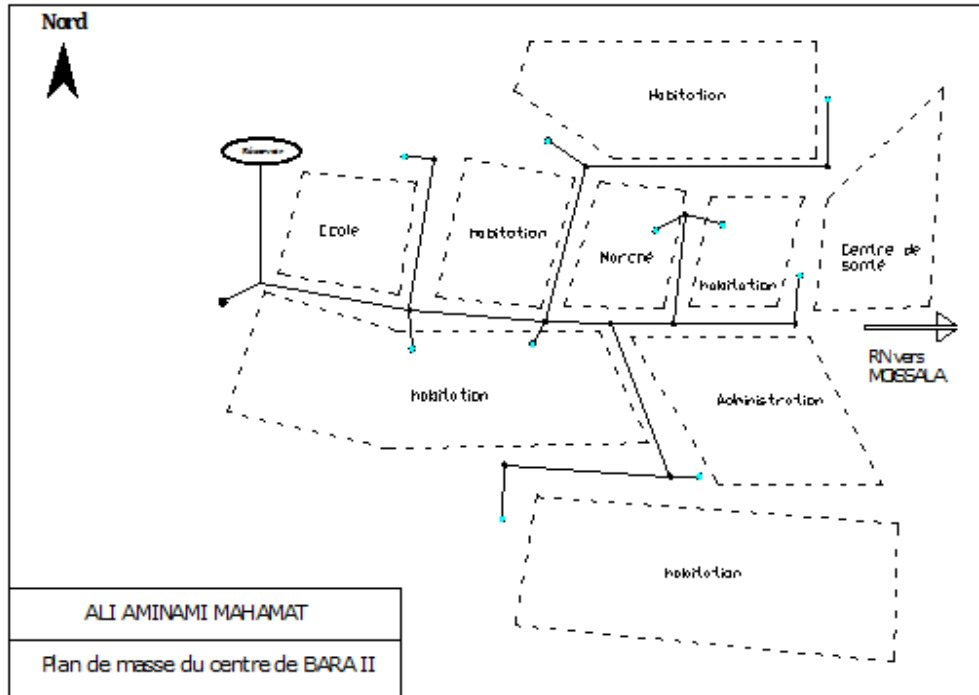
1. Abadie J. 1962 Etudes géologiques et hydrogéologiques du sud du Tchad, p 22.
2. Amadou Ali. (juin 2006), Etude comparative du fonctionnement, de la gestion et de l'exploitation des systèmes simplifiés d'AEP dans la région de centre Ouest au Burkina Faso pour élaboration d'un projet de réhabilitation et de développement des APES dans les grands centres ruraux-centre semi-urbaine ; Mémoire de fin d'étude (2ie).
3. BURGEAP. 6e FED.(1992) Programme d'appui de l'économie rurale. Hydraulique villageoise. Contrat d'assistance technique.
4. BURGEAP. Étude méthodologique de l'Alimentation en eau potable des zones périurbaines Africaines .
5. CARLO LOTTI. (1996) Projet hydraulique villageoise en zone de concentration (8^{ème} FED) Rapport de campagne n°2 : période.
6. KUSNIR,I (1995) : Géologie, ressources minérales et ressources en eau du Tchad-travaux et document scientifique du Tchad,2^e édition,115, CNAR, N'Djaména.
7. Plan régional de développement (1998) vol. I, projet d'appui au plan / planification Régionale, Ministère du plan et de l'aménagement du Territoire-coopération Allemande au Développement(GTZ), 197p.
8. PHVMK(2002), Etude de faisabilité technique et socioéconomique, rapport final, 89p
9. PHVSLI (2008) Rapport d'enquête socioéconomique du projet dans le sud du Tchad.
10. Rapport provisoire du projet 9^{ème} (2010) « Accès à l'Eau potable et appui à la politique sectorielle », 134p.
11. SDEA (2003). Volume thématique2 Hydraulique urbaine et rurale.
12. guide des services d'alimentation en eau potable au Niger. (Edition 2010) ;
13. ZOUNGRANA Denis, (2003) "Cours d'approvisionnement en eau potable à l'EIER"142 pages

ANNEXES

Annexe 1 : Plan du réseau du système d'AEPS de centre de BARA II



Plan de masse du centre de BARA II



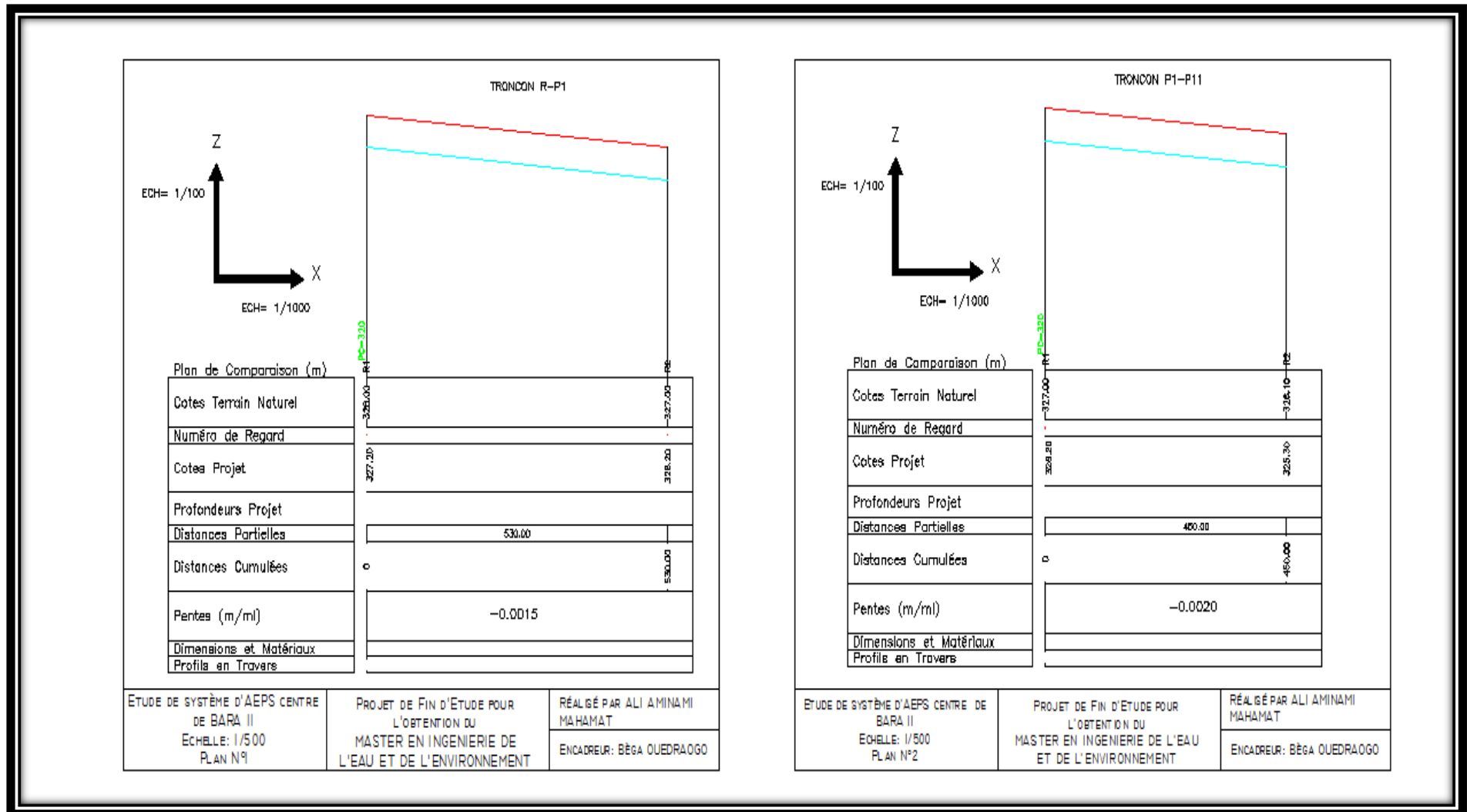
Annexe 2: Fiche technique du forage F2 de centre de BARA II

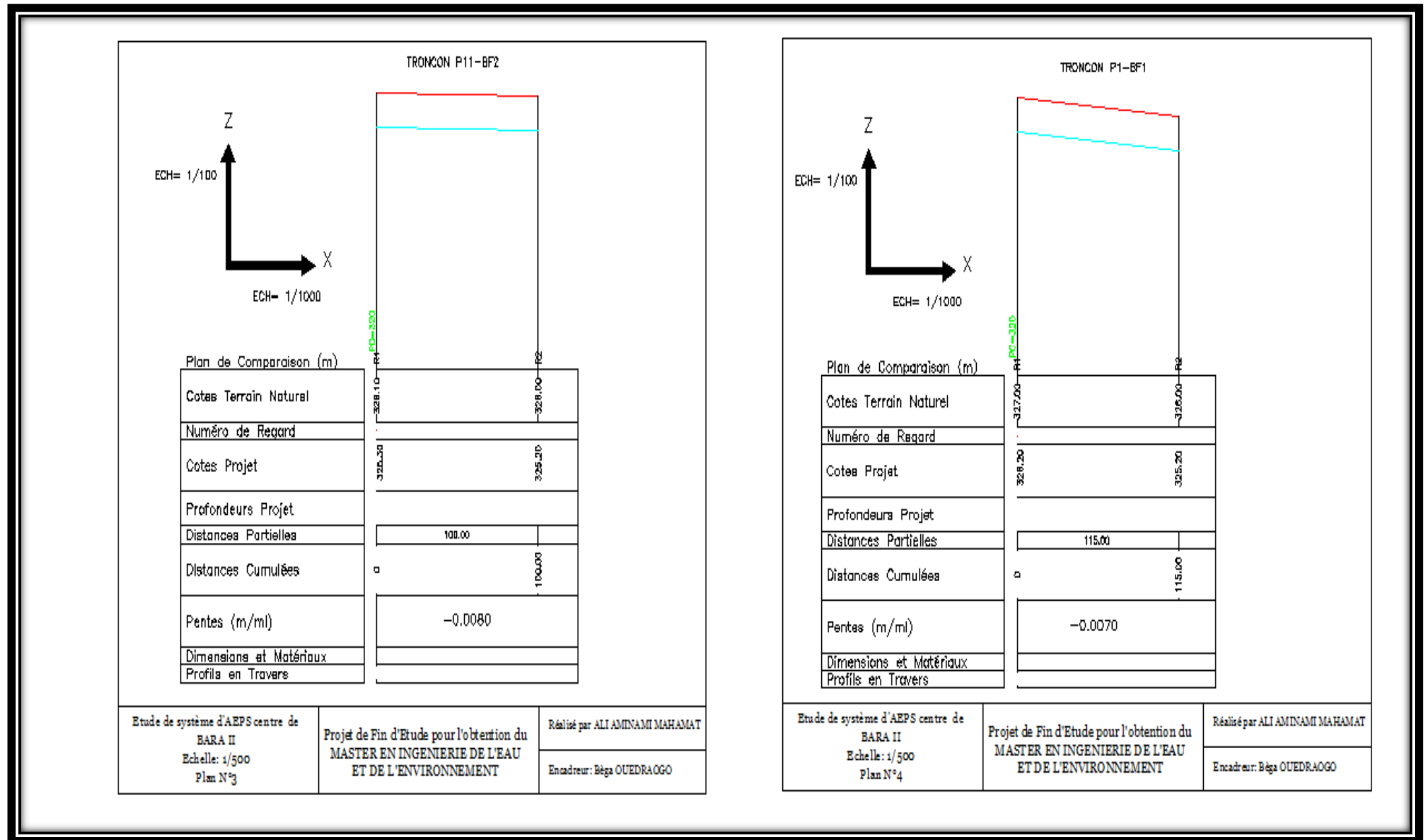
<p align="center">HYDRAULIQUE VILLAGEOISE MANDOUL</p> <p align="center">PROADEL / DH CES / HYDROFORCE</p>		<p align="center">COUPE LITHOLOGIQUE ET TECHNIQUE</p> <p>N° IRH : KOM-D-104 PROF. TOTALE : 47m</p>	
<p>INFORMATION SUR LE SITE</p>			
<p>SOUS PREFECTURE: BOUNA CANTON: BENGORO VILLAGE: BARA II FORAGE: F2 DATE D'EXECUTION: 05/04/07</p>		<p>COORDONNEES GEO: 17°36'43" 08°27'10" NIVEAU STATIQUE: 13,77m DEBIT : 18,2 m3/h</p>	
<p>▼ Niveau statique Final</p>		<p>▽ Niveau dynamique</p>	
<p>prof.équipée: 48,5m</p>			
LITHOLOGIE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	COUPE TECHNIQUE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
0	(0-1m) Terre végétale		Cimentation (0-5m)
5	(1-11m) Argilo-sableux		Remblaye à tout venant (5-34m)
11	(11-18m) sable grossier-argileux		PVC 125/140
18	(18-36m) sable grossier-moyen		Diamètre forage 9"5/8
36	(36-47m) sable grossier peu argileux		Tube plein PVC (10,5-40,6m à 45,6-47m)
47	(47---) argile compacte		Bouchon d'argile (35m à 35,9m)
			Tube crepiné (40,6m à 45,6m)
			Tube de décantation (45,6 à 47m)
<p>Remarque: Forage Positif</p>			

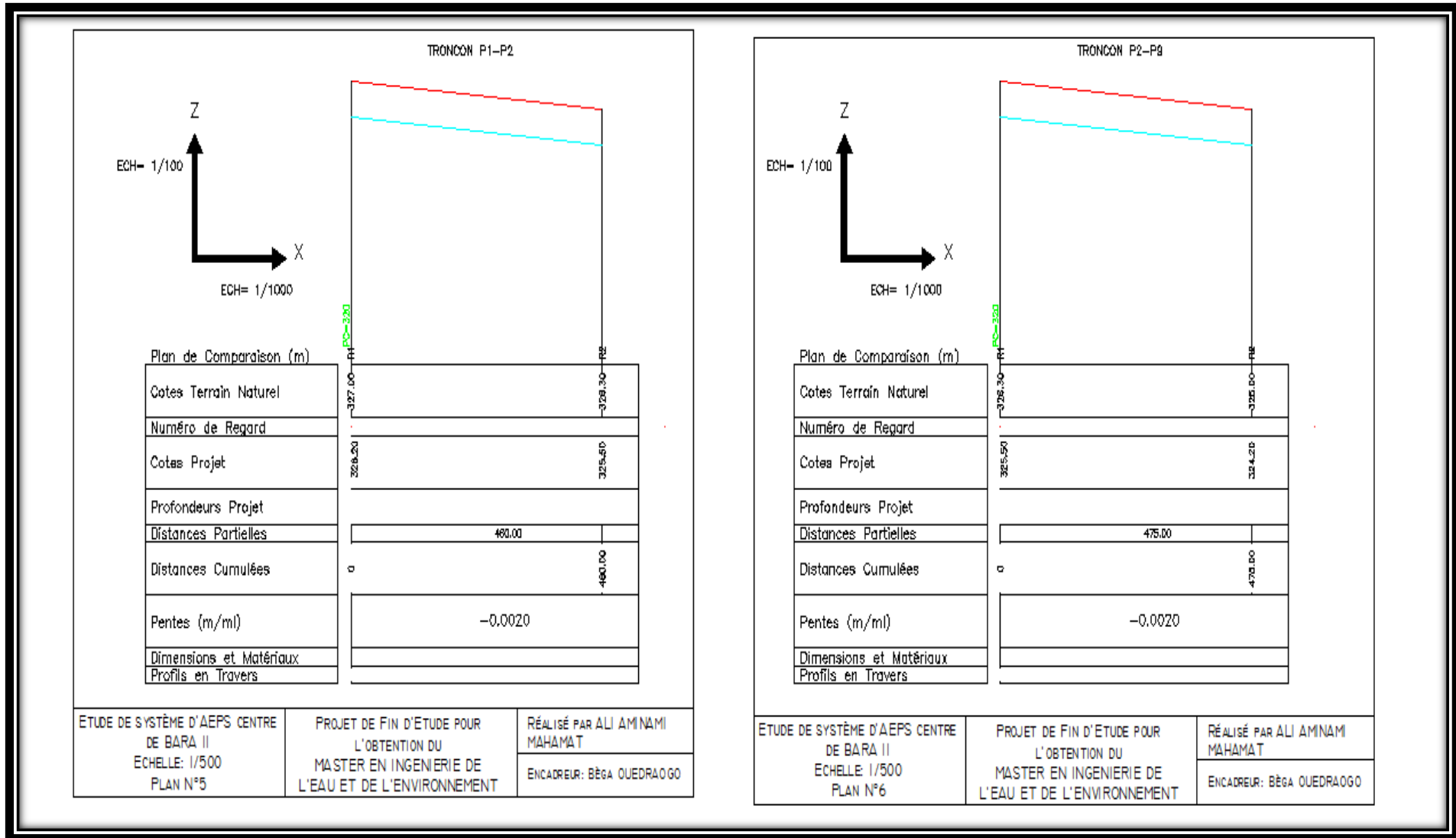
Annexe 3: Fiche technique du forage F1 de centre de BARA II

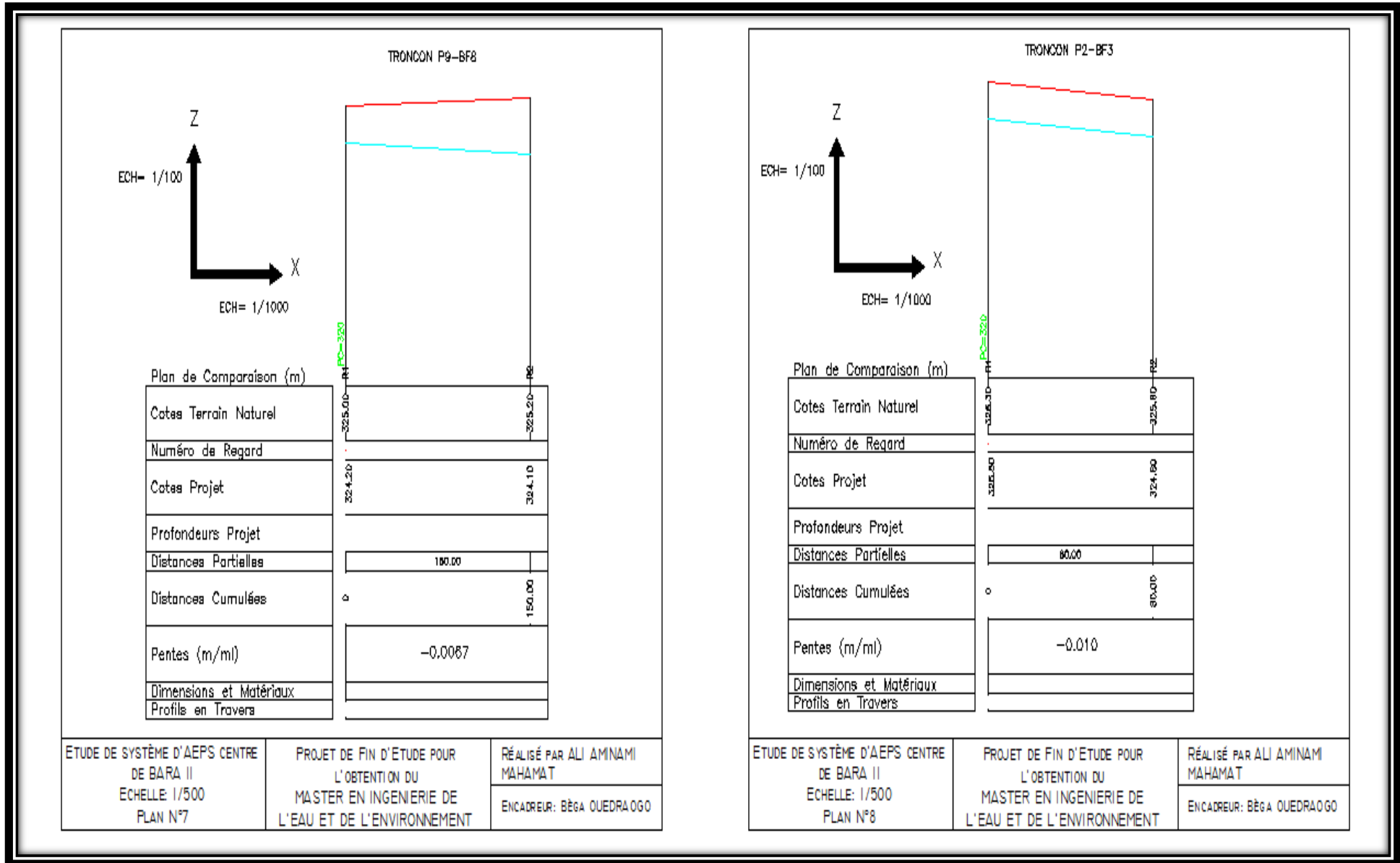
<p align="center">HYDRAULIQUE VILLAGEOISE MANDOUL</p> <p align="center">PROADEL / DH CES / HYDROFORCE</p>		<p align="center">COUPE LITHOLOGIQUE ET TECHNIQUE</p> <p>N° IRH : KOM-D-105 PROF. TOTALE : 49m</p>	
<p>INFORMATION SUR LE SITE</p>			
<p>SOUS PREFECTURE: BOUNA CANTON: BENGORO VILLAGE: BARA II FORAGE: F1 DATE D'EXECUTION: 03/04/07</p>		<p>COORDONNEES GEO: 17°34'30" 08°26'25" NIVEAU STATIQUE: 14,62m DEBIT : 17,1 m3/h</p>	
<p>▼ Niveau statique Final</p>		<p>▽ Niveau dynamique</p>	
<p>prof.équipée: 48,5m</p>			
LITHOLOGIE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	COUPE TECHNIQUE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
0	(0-1m) Terre végétale		Cimentation (0-5m)
5	(1-10m) Argilo-sableux		Remblaye à tout venant (5-33,5m)
10	(10-19m) sable grossier-argileux		PVC 125/140
15			Diamètre forage 9"5/8
20	(19-35m) sable grossier-moyen		Tube plein PVC (10,5-41,5m à 47,5-49m)
25			Bouchon d'argile (33,5m à 34m)
30	(35-47m) sable grossier		Tube crepiné (41,5m à 47,5m)
35			Tube de décantation (47,5 à 49m)
40	(47-49m) sable grossier très argileux		
45			
50			
<p>Remarque: Forage Positif</p>			

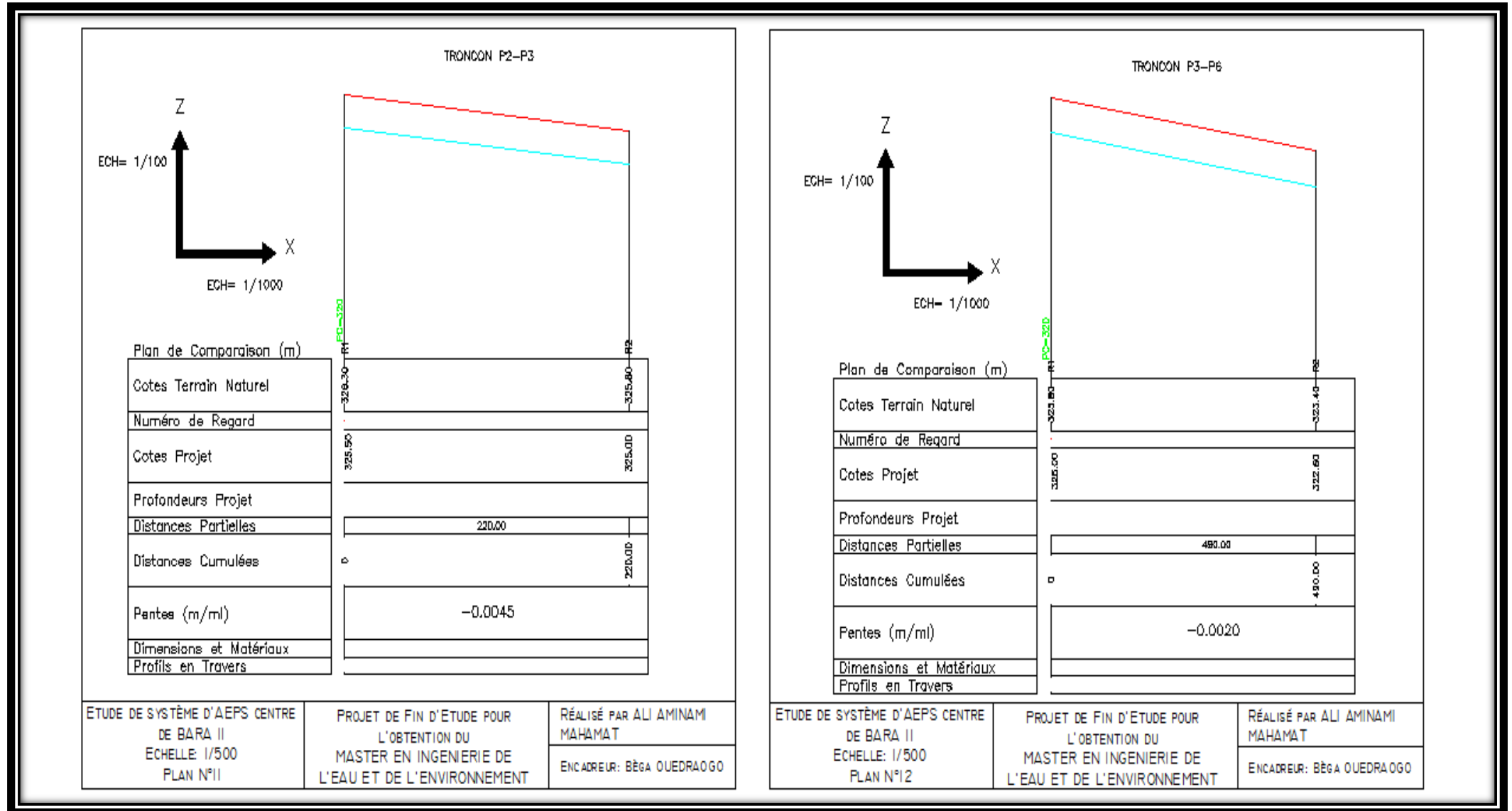
Annexe 4: Profils en long par tronçon du centre de BARA II

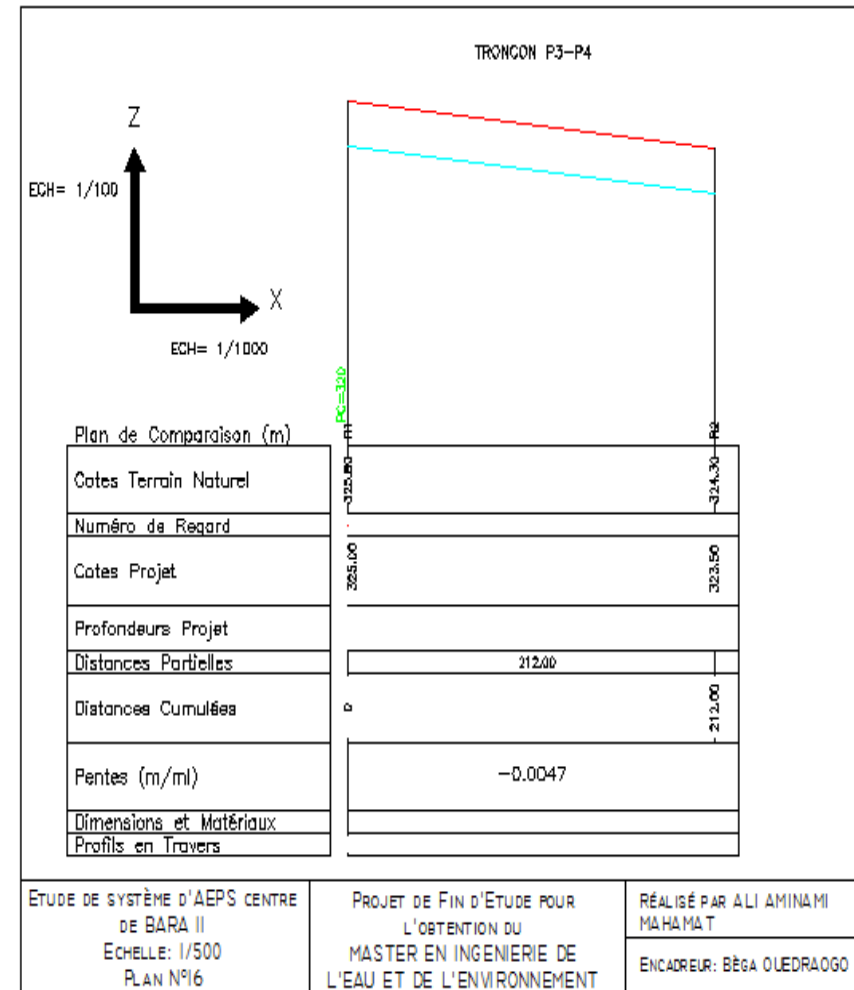
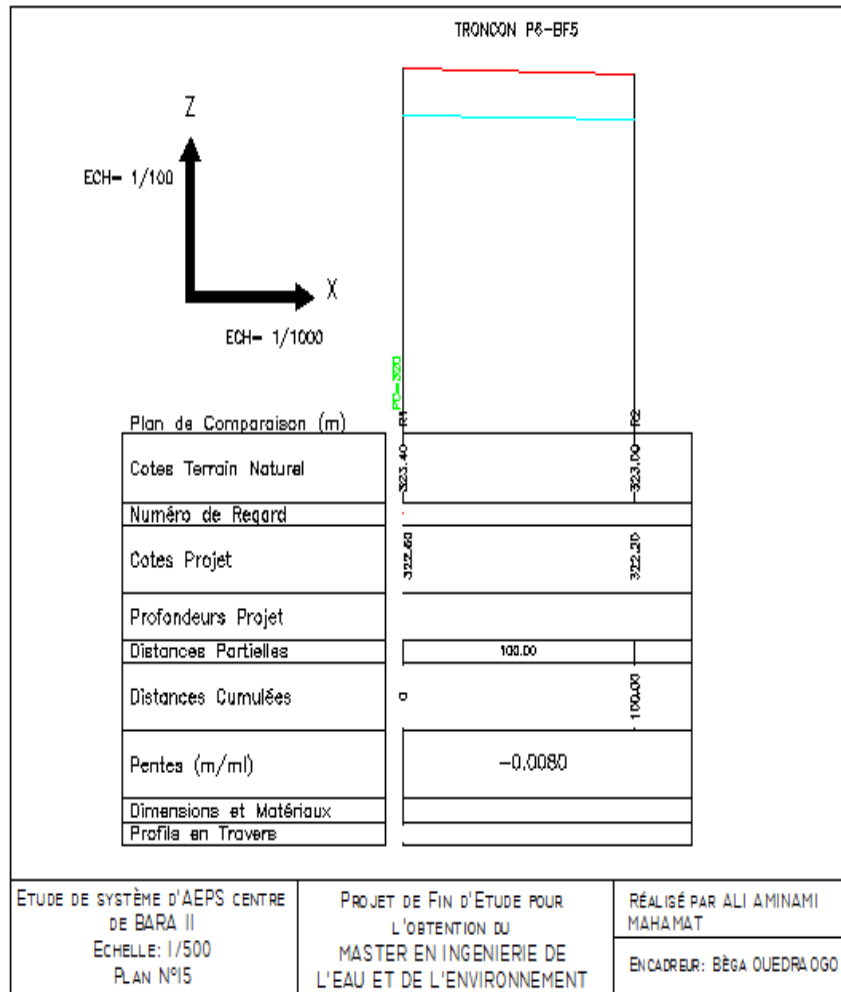


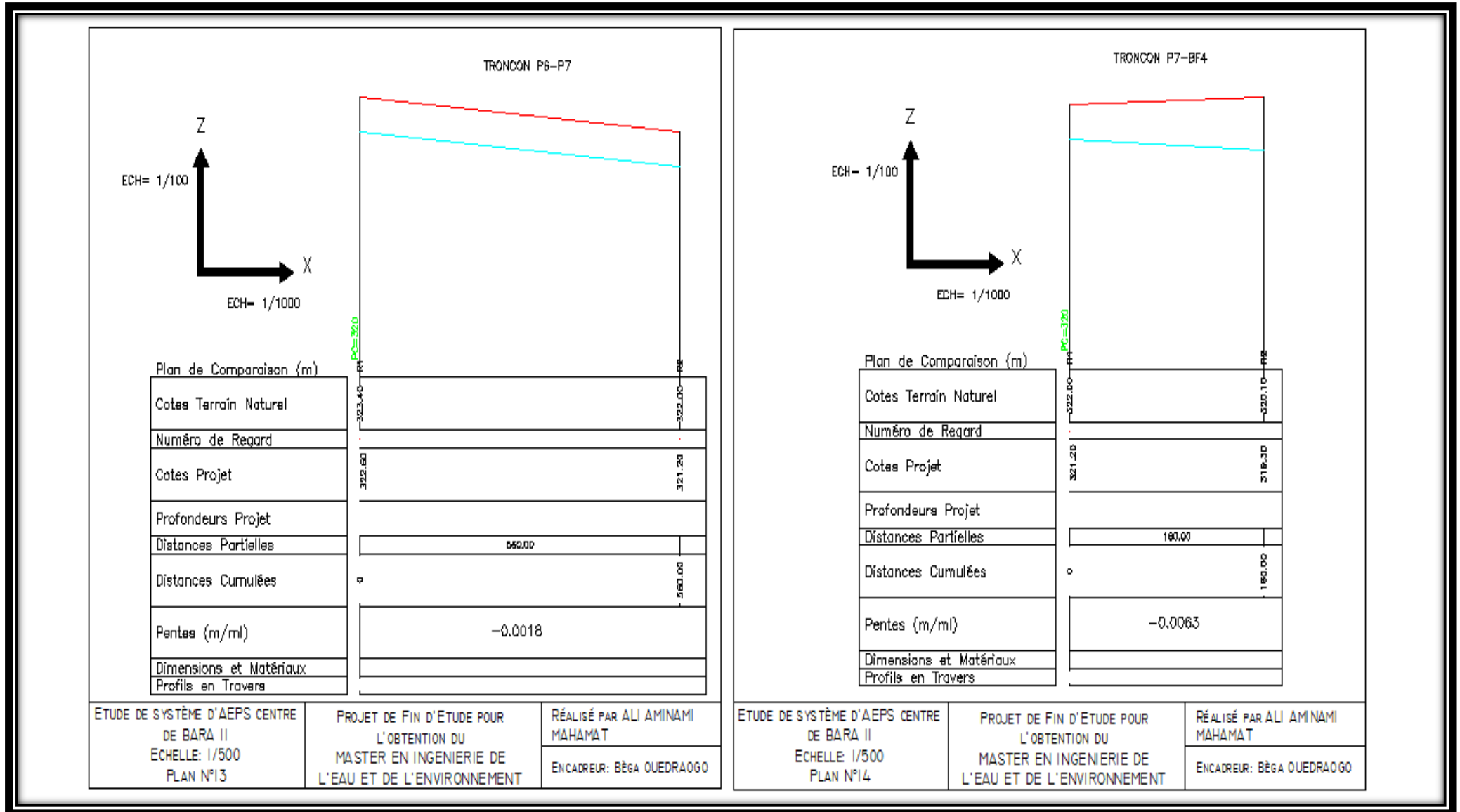


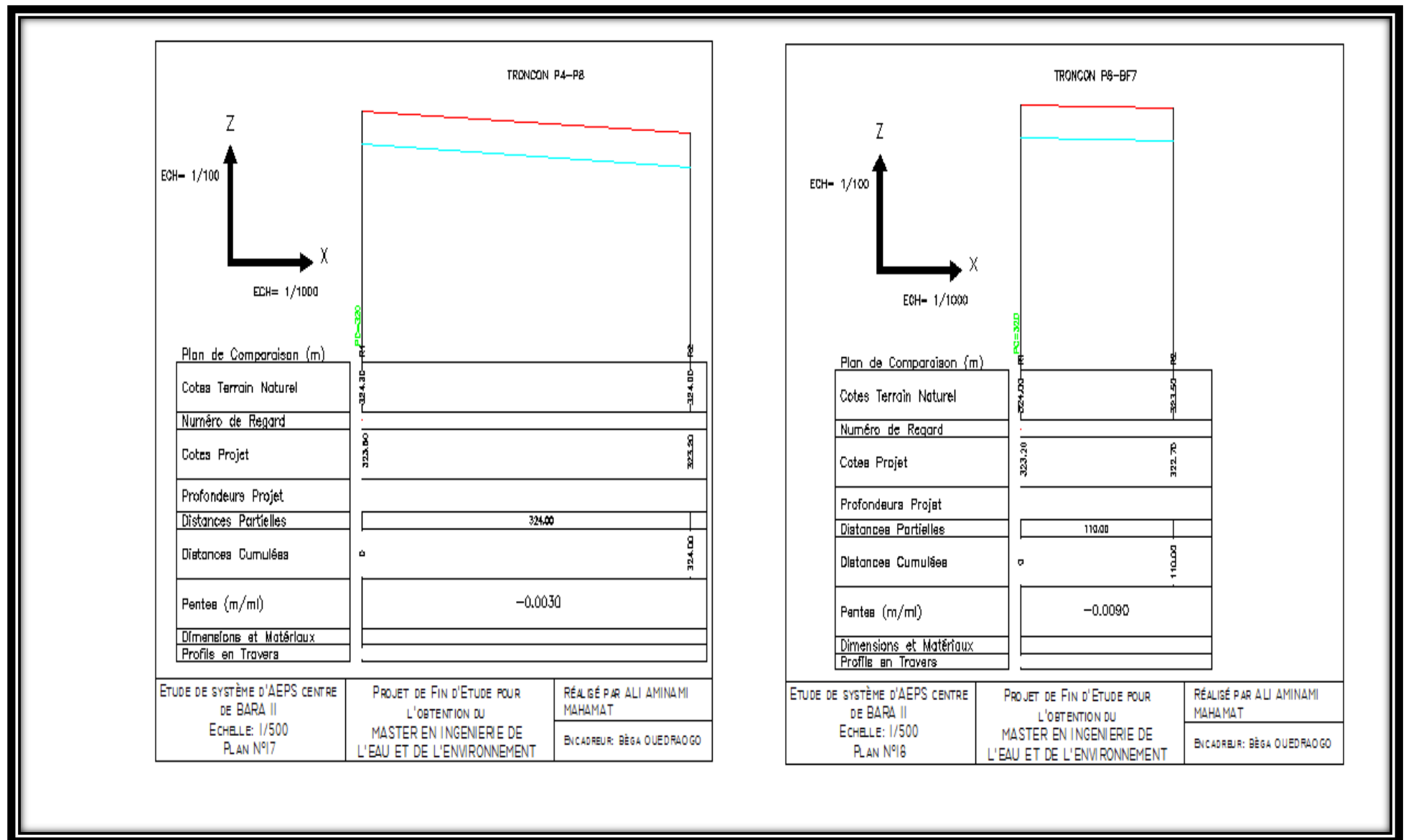


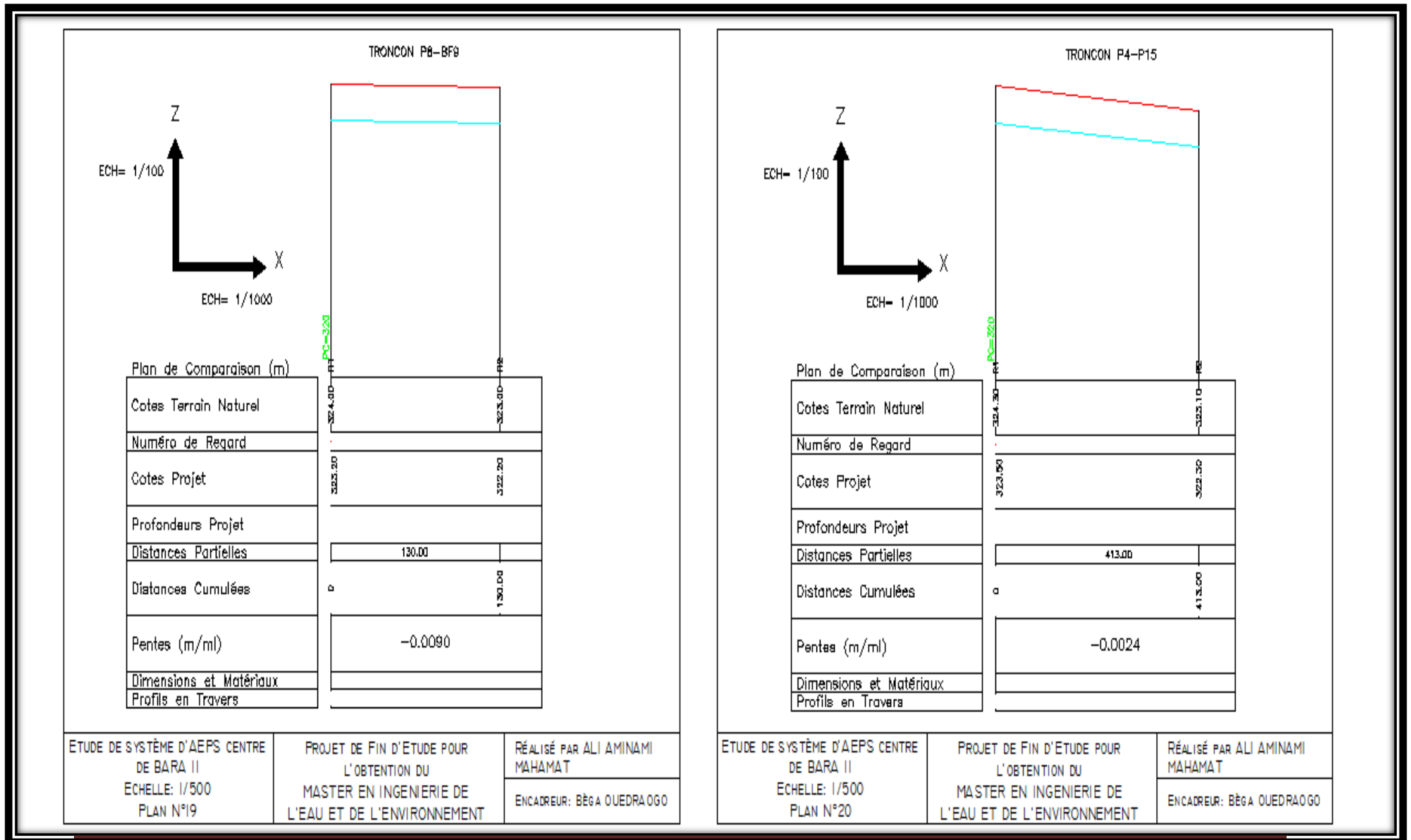


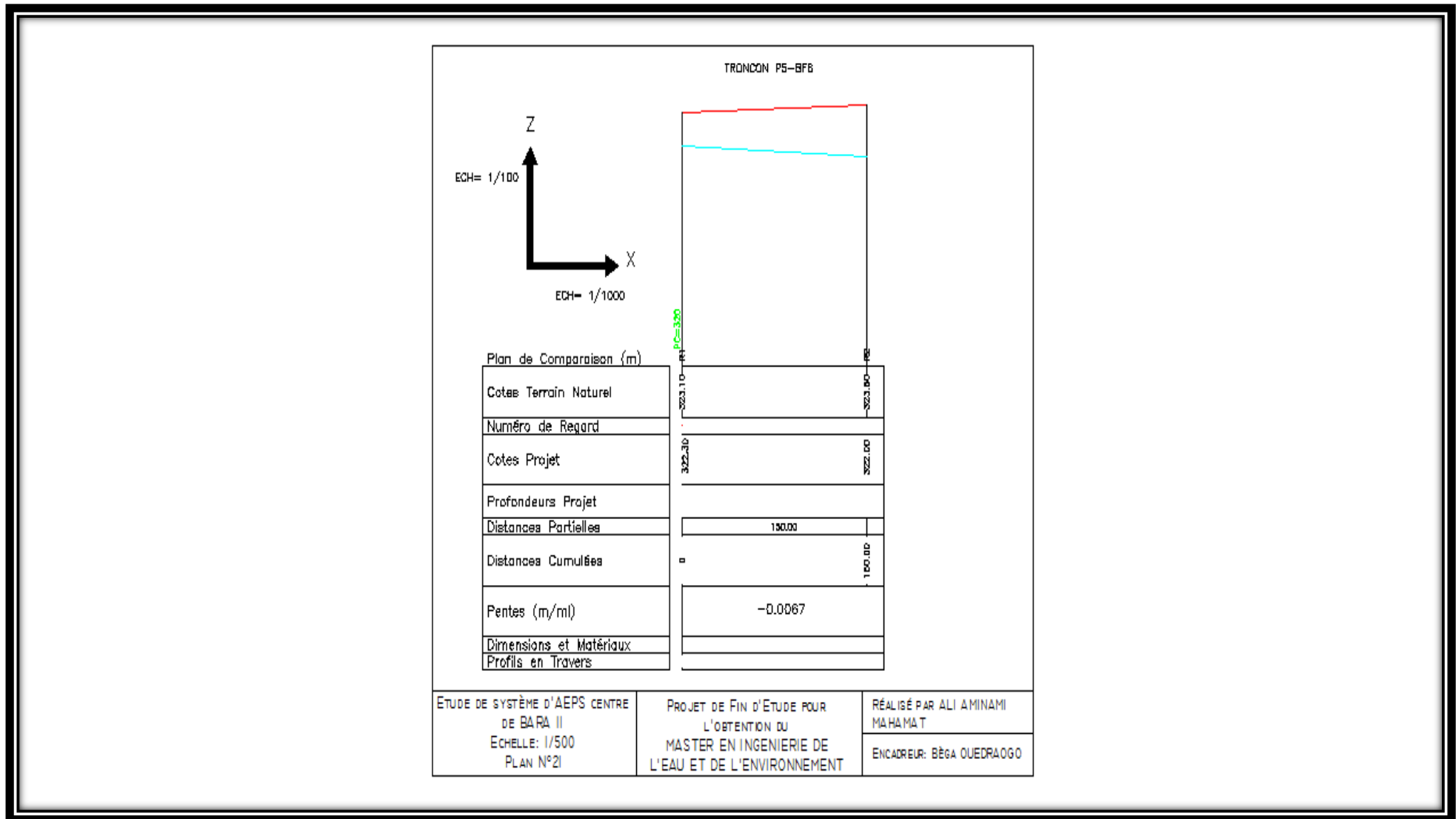










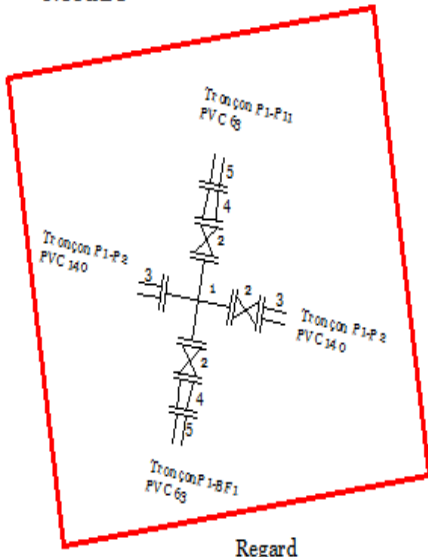


Annexe 5 : Carnet de nœud

Noeud 1

Noeud Identique: 02

N°	Désignation	Nbre
1	Té en fonte à 4 brides DN 100	
2	Robinet vane à volant DN 100	
3	Adaptateur de bride DN 140	
4	Cône d'élargissement 100 x 63	
5	Adaptateur de bride DN 63	

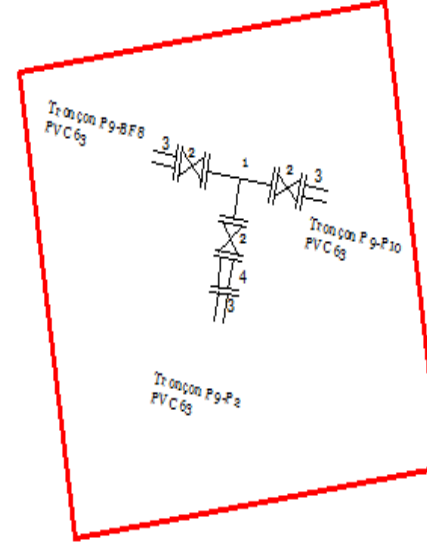


Regard

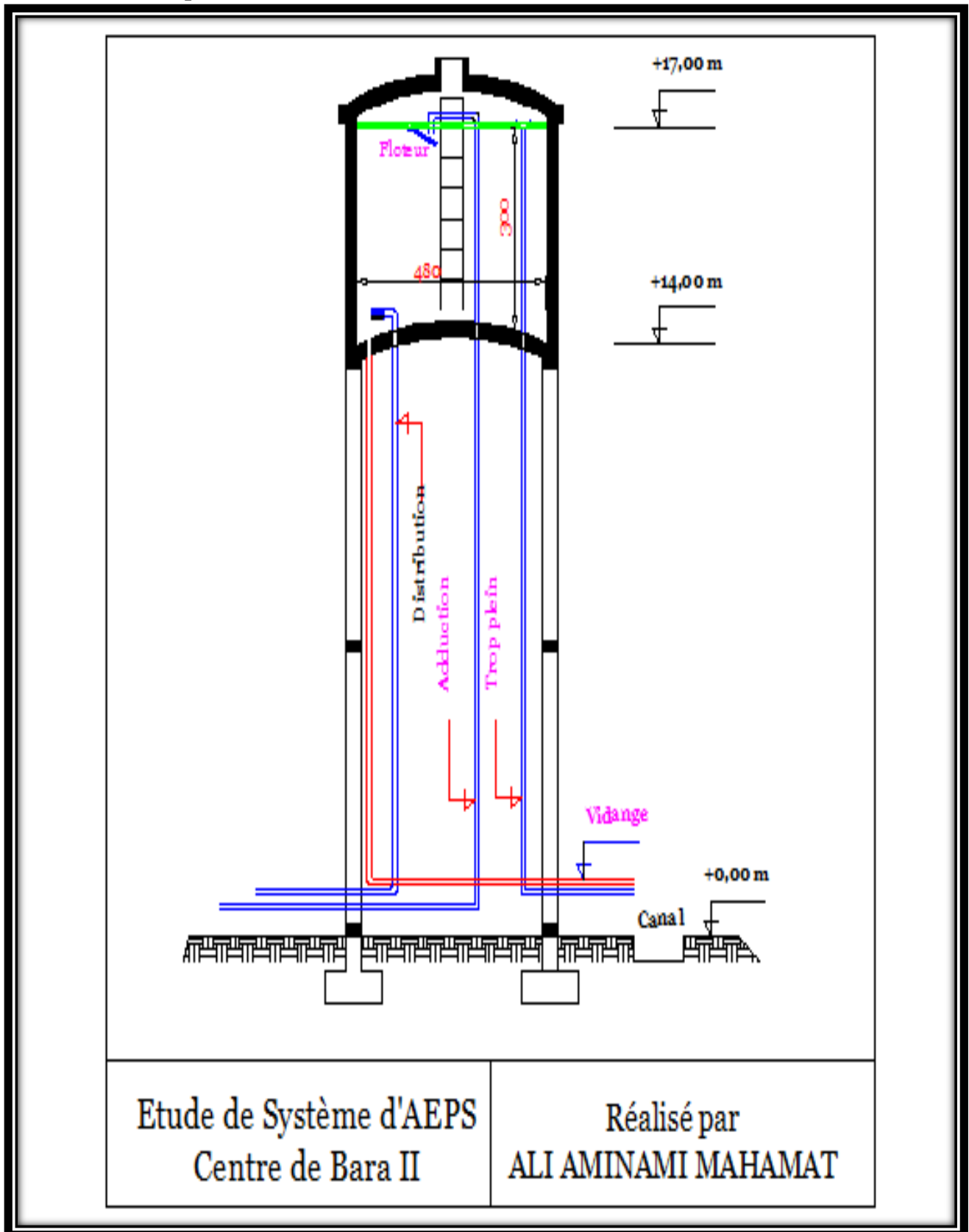
Noeud 9

Noeud Identique: 03;04;06

N°	Désignation	Nbre
1	Té en fonte à 3 emboitement DN100	
2	Robinet vane à volant DN 100	
3	Adaptateur de bride DN63	
4	Cône d'élargissement 100 x 63	



Annexe 6 : Coupe château d'eau du centre de BARA II



Annexe 7: Récapitulatif des ouvrages existants, leurs caractéristiques et le taux de desserte actuel d'après la base de donnée SITEAU de MHUR.

Département	Sous-préfecture	Canton	Puits traditionnels		Puits modernes		AEP	Forages PMH				Population Totale	Population desservie	Taux de Desserte (%)
			Nb.	prof	Nb.	Prof.		Nb.	Prof. (m)	N.S. (m)	Q (m3/h)			
BARH SARA	BOBORO	BEBORO	43	8.3	7	11.3	0	7	35.70	10.67	4.21	27 928	1 572	5,63
		BEGARA	22	11.7	2	15.1	0	2				5 804	397	6,84
	BEKOUROU	BEKOUROU	30	15.5	6	19.2	0	4	36.40	14.54	3.54	8024	666	8,30
		DOUBADENE	17	16.0	1	18.5	0	5	45.20	13.46	3.66	7921		
		GON	11	16.2	2	22.2	0	4	35.80	16.35	5.34	8925		
		KOLDAGA	11	16.6	4	28.2	0	2	47.50	27.70	5.40	8 191	400	4.88
	BOUNA	BANGOUL	13	16.6	0	0	0	19	43.90	17.08	2.57	9 555	4 322	45,23
		BENGORO	43	12.4	4	12.6	0	6	38.60	12.00		33 063	2 279	6,89
		NGALO	47	9.4	5	11.5	1	19	45.50	10.48	5.45	21 356	2 286	10,70
		TAKOUA	34	18	3	19.8	0	2	34.90	14.45		11 249		
	DEMBO	BEKAMBA	32	9.9	4	12.7	0	2	45.10	10.19	4.08	10 574		
		DEMBO	33	16.7	4	17.8	0	7	38.20	19.17	3.95	13 752	1600	11,63
		GABIAN	43	17.9	1	16.3	0	2	46.90	15.43	4.06	10 581	239	2,26
		NADILI	33	14	2	18.8	0	1	42.50	14.44		10 817		
	MOÏSSALA	BESSARA	19	17.1	4	18.9	0	4	36.30	12.80		5 155	818	17,03
		DILINGALA	73	13.5	10	18.7	0	6	35.70	10.79	6.01	26 107	800	3,06
		MOISSALA	37	12.9	6	13.5	1	2	49.10	12.27	4.50	21 736	2 099	9,66
	MANDOUL OCCIDENTAL	BEPOPEN	BEPOPEN	53	16.1	1	24	0	2	47.00	20.78	3.16	28 147	
BEDJONDO		BEDJONDO	56	9.3	2	5	1	1	50.00	14.05	1.2	51 765	587	1,13
		YOMI	19	10.6	1	18	0	3	47.50	20.78	3.16	11 592	800	6,90
BEKAMBA		BEKAMBA	32	11.5	3	15.8	0	11	42.90	15.74	2.99	30 434	2 300	7,56
PENI		NDERGUIDI	29	7.5	1	10.9	0	21	46.90	6.51	1.51	19 525	1600	8,19
	PENI	41	11.9	5	19.7	0	11	44.00	17.85	3.25	32 386	800	2,47	
MANDOUL ORIENTAL	BEDAYA	BEDAYA	22	21.7	8	42.5	1	10	38.20	19.48	3.77	23 086	2 192	9,5
	BESSADA	BESSADA	29	29.9	7	24.8	1	14	58.80	23.15	5.49	25 701	5 479	21,32
	GOUNDI	DOBO	76	32.1	8	29.3	0	16	56.60	29.41	8.50	23 356	1 464	6,27
		GOUNDI	123	35.7	24	24.6	1	18	47.40	20.19	3.59	53 892	7 621	14,1
	KOUMRA	KOUMRA	40	16.7	17	34	1	28	66.10	270.60	37.00	80 840	27 234	33,69
		MATEKAGA	16	27.2	14	23.7	0	24	49.60	27.78	4.12	16 758	5 931	35,39
	MOUROM GOLAYE	MOUROM G.	21	21.1	19	44.1	0	1				16 825	400	2,38
		NAHIM TOKI	34	24.4	7	25.7	0	20	47.90	21.37	3.85	22 628	4 825	21,32
	NGANGARA	NGANGARA	21	16.3	3	25.2	0	34	49.60	23.12	5.19	17 939	9 207	51,32
Total			1153		185		7	308				678 766	82439	12,15

Annexe 8: Département de Bahr Sara

Sous-préfectures	Cantons	Centres éligibles	Populations	
			2010	2012
BOBORO	BEBORO	BADAI+II+III+IV	2371	2511
		KABA VIII	2071	2193
		KABAVII	1842	1950
		BEBORO coton Tchad	1410	1493
		MAIHORO	1167	1236
		BEBORO Centre	1167	1236
BEKOROU	BEKOUROU	BEKOUROU	1269	1344
	DOUBADENE	SATEIGNAI	1374	1455
		DOUBADEENE	1160	1228
	GON	GON CL	1937	2051
		KABA IX	1199	1270
KOLDAGA	YELKO I+II	1280	1355	
BOUNA	BANGOUL	KAGALA	1284	1360
	BENGORO	BARAII	5064	5362
		BOUNA CL	4038	4276
		DJOLAIII+II	1964	2080
		GONGO I+II	1514	1603
		BARAI	1429	1513
		PARI DOUMNGAOU I+II	1313	1390
		DANEMADJA KOSSIAM	1296	1372
		BENGORO	1281	1356
		MAIKOUMA	1254	1328
		NGALO	DATIBO	1248
	TAKOUA	KABA VI	1166	1235
		DOUBADEENE III	1179	1248
	DEMBO	DEMBO	TAKOUA CL	1133
DEMBO CL			1507	1596
BEDEGUE I+II+III			1392	1474
MOÏSSALA	DILINGALA	DAKOU I+II	1326	1404
		KADKOU	1289	1363
		DILINGALA DAKOU CL	1165	1234
	MOÏSSALA	MORONII	1125	1191

Annexe 9: Département de Mandoul occidental

Sous-préfectures	Cantons	Centres éligibles	Populations		
			2010	2012	
BEBOPEN	BEBOPEN	DOH I + DOH II +	1792	1897	
BEDJONDO	BEDJONDO	BEDAN I+II+III	3979	4231	
		BENDOTIMBA	1424	1508	
		BEDODA	1358	1438	
		NDERGUIGUII	1270	1345	
		NDJANII	1135	1202	
	YOMI	YOMI BOH Est + Ouest	1249	1322	
BEKAMBA	BEKAMBA	WARAII+II	2920	3092	
		GOUNDI I+II+MBELDI	3965	4198	
		BABONG + NARA	2783	2947	
		BAH	1209	1280	
		BEKAMBA I CL	1197	1267	
PENI	NDERGUIGUI	BEDIGRIKOLO	1507	1596	
		NDERGUIGUI CL	1414	1497	
		KANINGAII	1291	1367	
	PENI	PENI	NGARAI+NGARAI	2331	2468
			BEBORO	1503	1591
			TOURAI	1431	1515
			HOBLO	1369	1450
			TOURA II	1365	1445
			GOURI	1215	1286
		NGOUROUMTE	1168	1237	

Annexe 10: Département de Mandoul Oriental

Sous-préfecture	Canton	Centres éligibles	Population		
			2010	2012	
BEDAYA	BEDAYA	DENI	2736	2897	
		KEMKAGA	1516	1605	
		KIRA	1231	1303	
		BEDAYA III	1208	1279	
BESSADA	BESSADA	NDILA	4835	5119	
		DOUYOU	2864	3033	
		SEWE	1628	1724	
GOUNDI	DOBO	MAIMORO	1431	1515	
		MAKAGA	1689	1788	
		KOUMAI	1571	1663	
	GOUNDI	BOROMI	1199	1270	
		PALLOUM	1989	2106	
		BEIGUIII	1415	1498	
		GUIDITI	1152	1220	
		GADJIBATII	1136	1203	
		DOROI + II + III + IV	3127	3311	
		DOGUERA KOUMRA	2433	2576	
KOUMRA	KOUMRA	KOKOI	2280	2414	
		KEMKADA	1738	1840	
		KOKO IV	1687	1786	
		MOUSSANAGA	1566	1658	
		KOL	1550	1641	
		DIYEI	1509	1598	
		LABOUTH	1328	1406	
		NGARO	1228	1300	
		DOGOUROU	1198	1268	
		DOBENBE	1149	1217	
		MATEKAGA	KOUMKAGA	2292	2427
			MATEKAGA I CL +11	1541	1632
	NGOMANANII		1356	1436	
	KEMKAGA		1385	1466	
	MOUROM GOLAYE	MOUROM GOLAYE	DOKORO	1293	1369
			KANGTEII	1135	1202
MAINT ATE I			2305	2441	
NAHIM TOKI		BIRBOTE	1250	1324	
		NGANGARA I +11	2057	2178	
NGANRA	NGANGARA	KAGA	1346	1425	
		MAIBO	1143	1210	