



ETUDES D'EXECUTION DES TRAVAUX D'EXTENSION ET DE REHABILITATION DU SYSTEME D'ADDUCTION EN EAU POTABLE DE DAKORO DANS LA REGION DE MARADI AU NIGER

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

Option : Génie Civil, Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

Présenté et soutenu publiquement le 27 Juin 2016 par

OUATTARA Idrissa

Travaux dirigés par : Dr. Mounirou Lawani Adjadi, Enseignant-Chercheur à 2iE

Pablo Batafan MAFELE, Ingénieur Géodésien, Directeur

Délégué de FORACO NIGER S.A

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Amadou KEITA

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO

M. Roland YONABA

Promotion [2014-2015]

DEDICACES :

Je dédie ce mémoire :

- ❖ Au Tout Puissant, le Miséricordieux, qui m'a permis d'arriver à ce stade ;
- ❖ A mon Père **OUATTARA Souleymane**, toi qui m'inculquas dès le bas-âge qu'au bout du travail bien fait, il y avait la récompense. Toi qui malgré tes maigres moyens, as fait de la réussite scolaire de tes enfants une priorité et m'as fait étudier dans ce prestigieux établissement qu'est le 2iE, que DIEU t'accorde une longue vie et te rende au centuple tout ce que tu as fait et continues de faire pour moi et mes frères et sœurs. **Merci PAPA ;**
- ❖ Je dédie spécialement ce travail à ma Mère chérie Feue **COULIBALY Awa** pour m'avoir donné la vie. De toute ta vie tu n'as cessé de prier pour la réussite de tes enfants, malheureusement, tu ne goûteras pas aux fruits de ton dur labeur. Mais sache que nous ne t'oublierons jamais maman « **Repose en paix maman** » ;
- ❖ A mon oncle **Feu KAMAGATE Ardjouman**, pour toute son affection, son soutien à mon égard de son vivant « **Que DIEU t'accorde son paradis TONTON** » ;
- ❖ A mes frères et sœurs pour leurs soutiens et encouragements pendant les durs moments de mes études. Je remercie le Tout Puissant de vous avoir dans ma vie ;
- ❖ A mon ami cher **KRA N'Guessan Avaly**, avec qui j'ai fait tout mon cursus universitaire et qui n'a cessé de me soutenir sur tous les plans.

REMERCIEMENTS

Au moment de manifester ma gratitude à l'endroit de ceux qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail, je réalise que cette démarche n'est pas une simple formalité. Durant tout mon cursus scolaire et universitaire, j'ai été guidé, aidé et soutenu par des personnes qui ont accepté de m'apporter leurs concours. Ces dernières m'ont aussi prodigué de sages conseils et m'ont fait partager leurs connaissances. Je voudrais donc ici exprimer ma gratitude et ma reconnaissance :

- ✚ Aux membres de la grande famille 2iE pour la formation de qualité et le service de stage mis à notre disposition ;
- ✚ A Monsieur **Ibrahim BADERI**, Vice-président Afrique du groupe FORACO, pour m'avoir accepté à FORACO Niger S.A pour le stage ;
- ✚ A Monsieur **Pablo Batafan MAFELE**, Directeur Délégué de FORACO Niger S.A, mon encadreur pour ses remarques, conseils et qui n'a pas hésité une seconde à me responsabiliser dès le premier jour du stage et ce jusqu'à présent ;
- ✚ A mon encadreur **Dr. MOUNIROU Lawani Adjadi**, enseignant chercheur à 2iE, pour sa disponibilité, ses remarques pertinentes et ses conseils. Il n'a cessé de m'encadrer moi et bien d'autres étudiants malgré les difficultés qu'il rencontre avec la direction de 2iE depuis septembre 2015 ;
- ✚ A Monsieur **TRAORE Boubacar**, Directeur Technique du bureau d'études ARTELIA/BETAS, pour toute son assistance et conseils qui m'ont énormément aidé à finaliser ce rapport ;
- ✚ A l'ensemble du personnel de FORACO Niger S.A, pour leur accueil, leur hospitalité et leur disponibilité.

A tous mes camarades de classe de 2iE depuis ma première année jusqu'au Master 2, je n'oublie pas de remercier tous ceux qui ont de près ou de loin contribué à ma formation et à l'élaboration de ce mémoire de fin d'études dont les noms ne figurent pas ici.

AVANT PROPOS

Depuis l'avènement des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), l'approvisionnement en eau potable des populations demeure une préoccupation des gouvernants africains.

La présente étude que nous allons aborder concerne le Niger. Elle a été menée dans la commune urbaine de Dakoro dans la région de Maradi par l'entreprise FORACO Niger, dans le cadre du marché pour la réalisation des travaux de renforcement et d'extension du réseau de distribution dans dix-huit (18) centres secondaires.

PRESENTATION GENERALE DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

A- Historique

Le groupe FORACO S.A.S International a été créé en 1961 par un Ingénieur du géant groupe pétrolier français Elf. En 1980, FORACO devient une filiale de Elf à 100%. En 1985, Elf ayant décidé de se recentrer sur son métier de base, le pétrole, a cédé l'entreprise au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), un organisme public français. En 1990, la société a été revendue au privé et rachetée en 1997 par les actuels présidents du groupe : Daniel Simoncini et Jean-Pierre Charmensat. A cette date, FORACO n'était implanté que dans 3 pays : la France-métropolitaine et Nouvelle-Calédonie, la Côte D'Ivoire et le Mali. Le groupe n'était aussi positionné que sur deux marchés à savoir le forage d'eau et minier.

Avec la chute brutale du prix des matières premières minières, les deux dirigeants du groupe décident alors d'élargir leurs domaines de compétences vers l'hydraulique, notamment l'adduction en eau potable des centres urbains et semi-urbains. Ils procèdent aux rachats de certains de leurs concurrents directs, la société Boniface à Lunel (34) en 2000, Geomechanik en Afrique en 2001. Des acquisitions qui ont permis au groupe FORACO de passer de dix (10) millions d'Euros de Chiffre d'Affaire en 1997 à trente (30) millions d'Euros de Chiffre d'Affaire en 2002. Une fois la crise minière terminée en 2005, le groupe décide de se repositionner sur le marché minier, car ce marché est éminemment anglo-saxon. Il s'implante au Canada en 2006 en lançant une filiale et en rachetant une société en Colombie britannique. En 2007, il s'implante également via une filiale aux Etats-Unis. La mine représente alors les 2/3 des marchés de la société, tandis que l'eau reste stable. Aujourd'hui le groupe FORACO intervient dans plus de vingt-trois (23) pays sur les cinq continents et occupe la troisième place au monde dans sa spécialité, le forage d'eau et minier. Il dispose du matériel de forage de dernière génération et est devenu le spécialiste des forages profonds allant jusqu'à 850 m

au Niger et jusqu'à 2000 m en Europe et en Amérique. Les forages servant de source d'eau dans le cadre de ce projet, ont été réalisés par FORACO dans le Lot1.

B- Objectifs généraux de FORACO

Tout comme toute entreprise, l'objectif principal de FORACO est de faire le maximum de chiffre d'affaire et d'avoir une notoriété dans ses domaines d'intervention tout en contribuant à la vulgarisation de l'accès à l'eau potable des populations.

C- Objectifs spécifiques de FORACO

Les objectifs spécifiques du groupe FORACO restent entre autres :

- une large implantation partout dans le monde entier ;
- l'acquisition et la fabrication de matériels de forage minier et de forage d'eau de dernière génération ;
- la formation de son personnel aux nouvelles méthodes de forage minier et de forage d'eau.

D- Structuration et Organigramme de FORACO

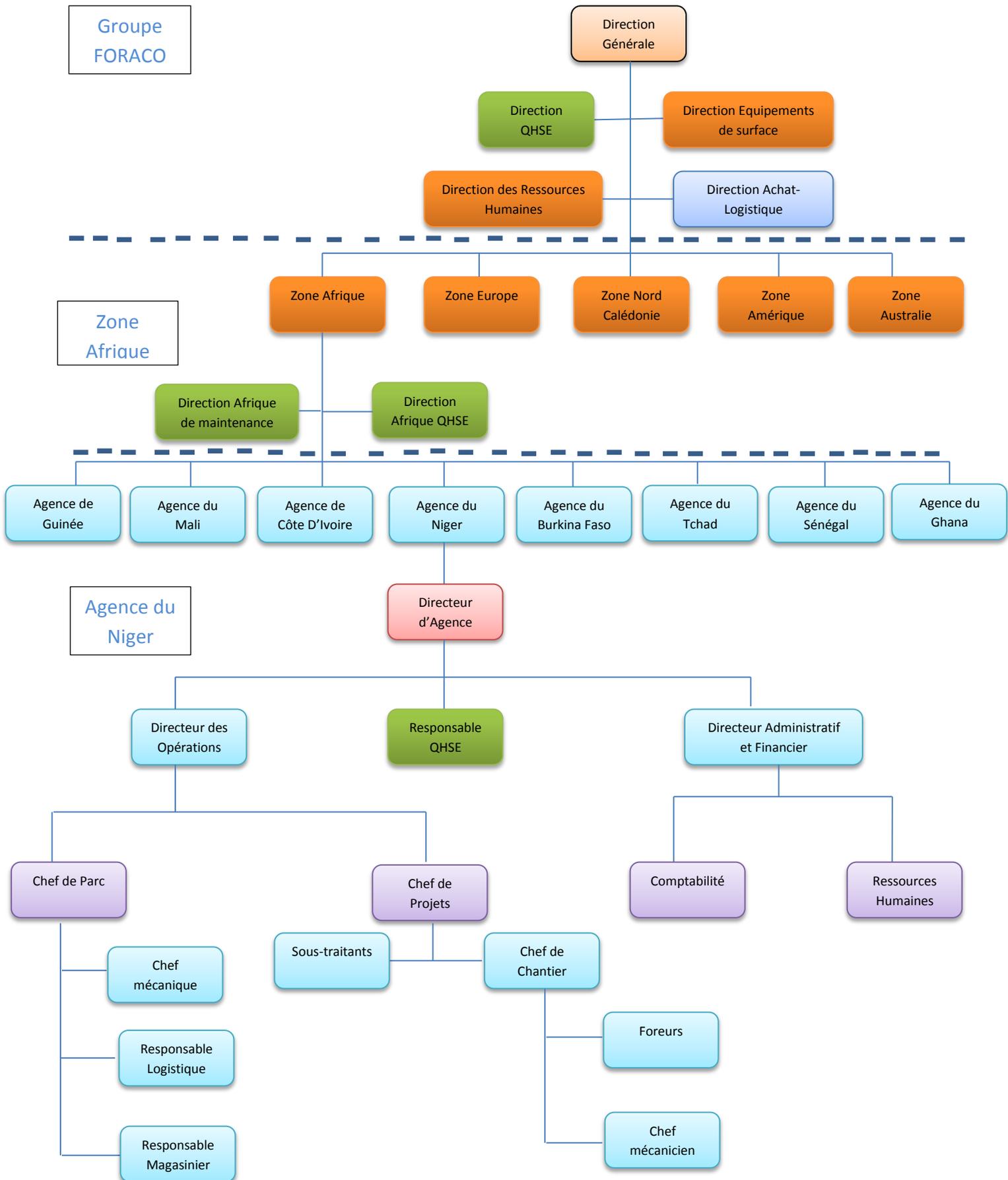


Figure 1: Organigramme du groupe FORACO

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	:	Institut International de l'Eau et de l'Environnement
AEP	:	Adduction en Eau Potable
APD	:	Avant-Projet Détaillé
BF	:	Borne Fontaine
BGRM	:	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BP	:	Branchement privé ou particulier
BT	:	Basse tension
CE	:	Château d'Eau
DAO	:	Dossier d'Appel d'Offre
DN	:	Diamètre nominal
GE	:	Groupe Electrogène
HA	:	Haute Adhérence
HMT	:	Hauteur Manométrique Totale
AID	:	Association Internationale pour le Développement
INS	:	Institut National de la Statistique
MT	:	Moyenne tension
NIGELEC	:	La Nigérienne d'Electricité
OMD	:	Objectifs du millénaire pour le Développement
ONG	:	Organisation Non Gouvernementale
PCD	:	Plan Communal de Développement
PEAMU	:	Projet Eau et Assainissement en Milieu Urbain
PEHD	:	Polyéthylène Haute Densité
PMH	:	Pompe à Motricité Humaine
PN	:	Pression Nominale
PN-AEPA	:	Programme National d'Alimentation en Eau Potable et d'Assainissement
PVC	:	Polychlorure de Vinyle
RGP/H	:	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RN	:	Route Nationale
S.A	:	Société Anonyme
SDHU	:	Schéma Directeur de l'Hydraulique Urbaine
SDRP	:	Stratégie de Développement accéléré et de Réduction de la Pauvreté
SEEN	:	Société d'Exploitation des Eaux du Niger

SONITEL : Société Nigérienne de Télécommunication

SPEN : Société de Patrimoine des Eaux du Niger

LISTE DES SYMBOLS ET NOTATIONS

KVA : Kilovoltampère

KW : Kilowatt

mCE : mètre par colonne d'eau

SOMMAIRE

DEDICACES :	i
REMERCIEMENTS	ii
AVANT PROPOS	iii
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
LISTE DES SYMBOLS ET NOTATIONS	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	x
RESUME.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	3
I- PRESENTATION DE LA LOCALITE D'ETUDE	4
II- APPROCHE METHODOLOGIQUE ADOPTEE	9
DEUXIEME PARTIE : CONCEPTION TECHNIQUE ET SIMULATION SOUS EPANET DU RESEAU D'AEP DE DAKORO	11
I- DIAGNOSTIC DU SYSTEME ACTUEL D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE DAKORO.....	11
II- EVALUATION DES BESOINS EN EAU ACTUELS ET FUTURS	14
III- EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU	17
IV- CHOIX DU SYSTEME D'ALIMENTAION EN EAU	20
V- DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'AEP.....	20
VI- MODELISATION DU RESEAU D'AEP DE DAKORO	29
TROISIEME PARTIE : SUIVI DES TRAVAUX DE REALISATION.....	33
I- SUIVI, CONTROLE ET EVALUATION TECHNIQUE DES TRAVAUX DE REALISATION DU SYSTEME D'AEP DE DAKORO	33
II- SUIVI BUDGETAIRE ET REDACTION DES RAPPORTS MENSUELS D'AVANCEMENT DES TRAVAUX.....	34
CONCLUSION	35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Pluviométries annuelles de Maradi de 2011 à 2013.....	5
Tableau 2: Températures moyennes annuelles de Maradi	5
Tableau 3: Résultats des recensements de 2001 et 2012.....	7
Tableau 4: Caractéristiques des forages	12
Tableau 5: Evolution démographique de la ville de Dakoro.....	14
Tableau 6 : Evolution de la demande en eau.....	16
Tableau 7: Caractéristiques des pompes immergées des deux nouveaux forages	17
Tableau 8: Tableau récapitulatif des caractéristiques des nouveaux systèmes de chloration ..	19
Tableau 9: Profil de la consommation journalière de Dakoro	24
Tableau 10: Tableau récapitulatif du calcul de la capacité théorique du château d'eau.....	25
Tableau 11: Caractéristiques du château d'eau.....	31
Tableau 12: Etat de quelques nœuds au repos.....	31
Tableau 13: Etat de quelques conduites à l'heure au repos	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme du groupe FORACO.....	v
Figure 2 : Carte de situation de la commune urbaine de DAKORO.....	4
Figure 3: Château d'eau existant de Dakoro.....	13
Figure 4: Courbes de consommation et de la production d'eau de Dakoro.....	16
Figure 5: Le nouveau château mis en place	38
Figure 6: Ferrailage de la fondation du château.....	38
Figure 7: La mise en œuvre de la fondation du château.....	38

RESUME

La présente étude fait suite à l'étude d'exécution des travaux de renforcement et d'extension du réseau de distribution d'eau dans dix-huit centres secondaires au Niger. Elle a été menée sur la ville de Dakoro dans la région de Maradi.

L'objectif de cette étude est de vérifier les études techniques d'APD du système d'AEP à réaliser. La vérification a porté essentiellement sur les besoins en eau des populations à l'horizon 2025, la capacité de production d'eau potable, la capacité du stockage d'eau ainsi que le dimensionnement du système d'AEP.

A partir de nos différentes recherches et d'études sur les sites de réalisation des travaux, il en ressort que les besoins en eau des populations en 2025 seront de **1589 m³/jour** au lieu de **2964 m³/jour** comme indiqués dans l'APD. La capacité de production d'eau potable des cinq forages, estimée à **96 m³/h soit 1632 m³/jour**, couvrira les besoins en eau. La capacité minimum du château d'eau en 2025 est estimée à **360 m³**. Cependant, le château à mettre en place dans le cadre de ce projet, en remplacement du château existant en état de dégradation très avancé, a une capacité de **300 m³**. Réhabiliter le château existant, qui a une capacité aussi de **300 m³**, permettrait de palier à ce déficit de la capacité de stockage.

Mots Clés :

Etude,

Exécution,

AEP,

EPANET,

Dakoro

ABSTRACT

The present study follows upon the study completion of work of reinforcement and extension of the distribution network of water in eighteen secondary centers to Niger. It was carried out on the town of Dakoro in the area of Maradi.

The objective of this study is to check the technical studies of APD of the system of AEP to be realized. The checking related primarily to the requirements out of water for the populations at horizon 2025, the output of drinking water, the capacity of the storage of water as well as the dimensioning of the system of AEP.

From our various research and studies on the sites of realization of work, this reveals that the requirements out of water for the populations in 2025 will be **1589 m³ / day** instead of **2964 m³ / day** as indicated in the APD. The output of drinking water of five drillings, estimated at **96 m³ / H is 1632 m³ / day** will meet the requirements out of water. The capacity minimum of the water tower in 2025 is estimated at **360 m³**. However, the castle to be set up within the framework of this project, to replace the existing castle in a very advanced state of degradation, has a capacity of **300 m³**. To rehabilitate the existing castle, which has a capacity also of **300 m³** would allow stage this deficit of the storage capacity

Key Words:

Study,

Execution,

AEP,

EPANET,

Dakoro

INTRODUCTION GENERALE

A-Contexte et problématique

L'eau potable, en tant que ressource indispensable à la vie et à la santé humaine, reste inaccessible par une frange importante de la population africaine en général et de la population nigérienne en particulier. La corvée d'eau reste la principale activité des ménagères à longueur des journées en lieu et place des activités socio-économiques.

L'eau potable est une eau satisfaisant à un certain nombre de caractéristiques (physiques et chimiques) la rendant propre à la consommation humaine. C'est une eau qui ne rend pas le consommateur malade du fait de sa consommation. Dans le cadre de la gestion de l'eau, une eau potable peut être définie comme l'eau qui circule dans le réseau de distribution. L'eau potable est utilisée pour la boisson, la cuisson, l'hygiène corporelle et bien d'autres activités vitales pour l'homme. C'est ainsi que l'approvisionnement en eau potable est au cœur des préoccupations des pouvoirs politiques (Etat, Elus municipaux,...), des partenaires au développement (ONG, services de coopération, projets de développement,...) et des populations. Le Niger est l'un des pays où le taux d'accès à l'eau potable des populations demeure une préoccupation pour les gouvernants. Selon le rapport sur les indicateurs sociaux, publié en 2009 par l'Institut National de la Statistique (INS), le pourcentage des ménages ayant accès à l'eau potable est passé de 48.7% en 2005 à 50.1% en 2008 (Statistique, 2014). Le rapport note également qu'environ 56.8% des ménages nigériens sont approvisionnés en eau par des puits, dont seulement 10.3% par des puits protégés, occasionnant de nombreuses maladies hydriques telles le choléra, la dysenterie. La proportion des ménages utilisant l'eau du robinet est de 26%, dont moins 7% disposent d'un robinet dans leur logement ou leur concession. Seulement 13.7% utilisent des forages comme source d'approvisionnement en eau potable. La situation est encore plus préoccupante dans les zones rurales du pays, où le rapport relève que seulement 30% des ménages sont desservis par des robinets et des forages, contre 96.3% en milieu urbain.

Alors pour pouvoir améliorer les conditions d'accès à l'eau potable des populations, le gouvernement nigérien a adopté en 2006 le Programme National d'Alimentation en eau potable et d'Assainissement (PN-AEPA), conformément à sa Stratégie de Développement accéléré et de Réduction de la Pauvreté (SDRP) pour l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) en matière d'eau potable et d'assainissement à l'horizon

2015. De nombreux projets s'inscrivant dans le cadre du PN-AEPA virent alors le jour dont le Projet Eau et Assainissement en Milieu Urbain (PEAMU).

Dans le cadre du Projet Eau et Assainissement en Milieu Urbain (PEAMU) planifié sur la période 2011-2015, pour atteindre les Objectifs du Millénaire (OMD), le gouvernement de la République du Niger a sollicité et obtenu de la Banque Mondiale (IDA) un financement pour faire face à une partie des besoins d'investissements identifiés dans le cadre de la mise à jour du Schéma Directeur de l'Hydraulique Urbaine (SDHU-2008) . Cet appui de la Banque Mondiale servira au renforcement et à l'extension des infrastructures d'eau potable des villes de NIAMEY, TAHOUA, AGADEZ et ARLIT, ainsi que de dix-huit (18) centres secondaires dont le centre secondaire de DAKORO qui fera l'objet de notre étude. L'objectif global de ce projet est l'amélioration des conditions d'alimentation en eau potable des populations.

L'entreprise FORACO a été désignée attributaire du marché portant sur les travaux d'extension et de réhabilitation des installations des systèmes d'AEP des 18 centres secondaires, Lot2, après avoir réalisé les forages dans le cadre du lot1 du même projet. La présente étude, dans laquelle s'inscrit mon stage de préparation du mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master en Infrastructures et Réseaux Hydrauliques, concerne les études d'exécution des travaux.

B- Objectifs de l'étude

B-1 Objectif principal de l'étude

L'objectif principal de cette étude est la vérification des études techniques d'APD du système d'Adduction d'Eau Potable (AEP) à réaliser dans le centre secondaire de DAKORO dans la région de Maradi au Niger. En d'autres termes, il s'agit d'une étude comparative entre ce qui a été demandé à l'Entreprise FORACO de réaliser et ce qui doit être réalisé.

B-2 Objectifs spécifiques de l'étude

Les objectifs spécifiques assignés à cette étude sont entre autres :

- Evaluation des besoins en eau des populations à l'horizon du projet ;
- Evaluation de la capacité du stockage ;
- Vérification des pressions de service.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

I- PRESENTATION DE LA LOCALITE D'ETUDE

I-1 Caractéristiques du milieu physique

I-1.1 Situation géographique et évolution administrative

DAKORO, commune urbaine et Chef-lieu du département de DAKORO, est situé à environ 120 km au Nord-ouest de la ville de Maradi et à 757 km à l'Est de Niamey. L'accès à la commune se fait de façon permanente par la route nationale N30 à partir de la route nationale N1 à TIBIRI. Ces coordonnées géographiques sont **14°30'38'' N et 6°45'54'' E**. La commune urbaine de DAKORO partage ses frontières avec les communes rurales d'AZAGOR au Nord et BIRNI NLALLE sur tout le reste de ses frontières.

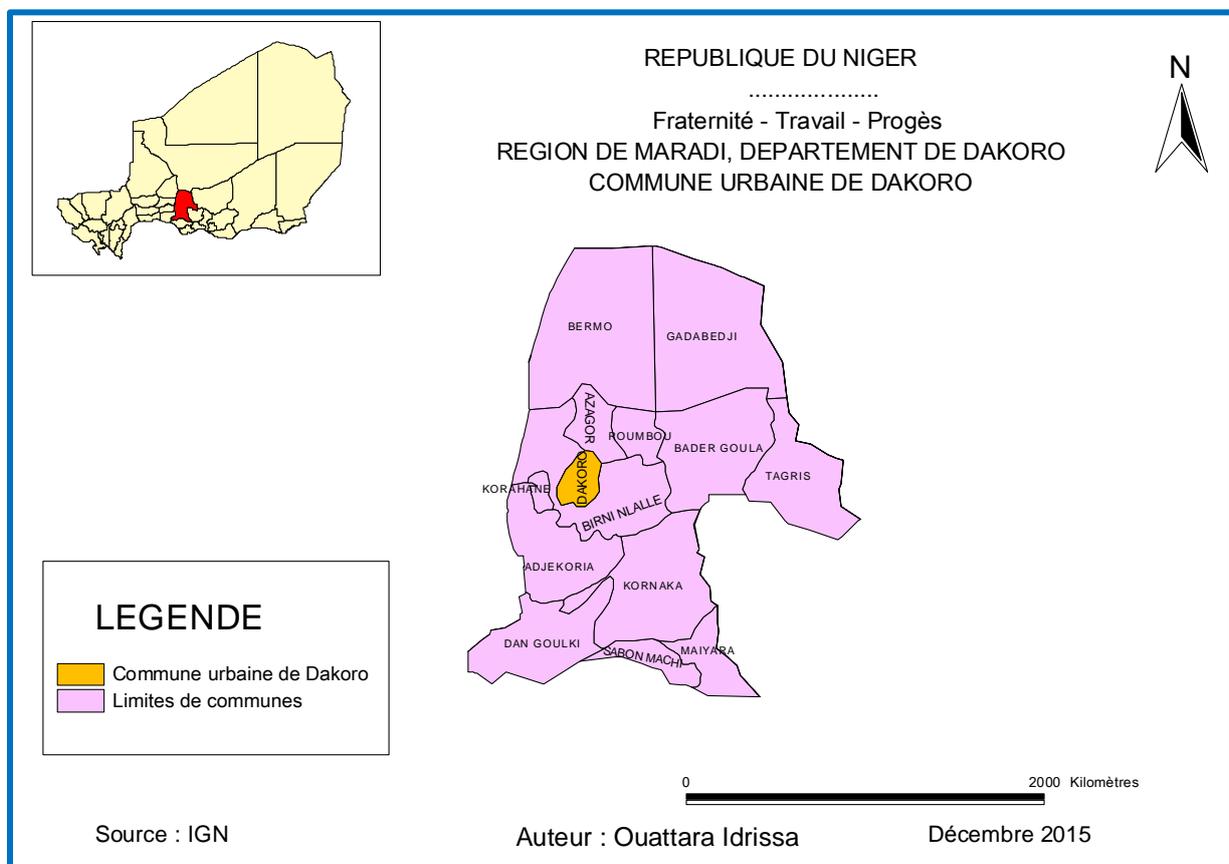


Figure 2 : Carte de situation de la commune urbaine de DAKORO

Chef-lieu de l'arrondissement de DAKORO, il a été érigé en commune urbaine en 1998 par la Loi N° 096/98. Cependant, il a fallu attendre jusqu'en 2004 pour que la commune urbaine soit dotée d'un territoire et d'un conseil municipal élu. Bien que située sur son territoire et abritant son siège, la chefferie cantonale a une faible emprise sur la ville de DAKORO. Son statut de centre administratif abritant le pouvoir d'Etat, le cosmopolitisme de son peuplement et la présence de l'élite économique et intellectuelle du département aux origines diverses en font un espace presque autonome.

I- 1.2 Données climatiques

Le climat de la commune urbaine de DAKORO est identique à celui de Maradi. Le climat est tropical sec, semi-aride ou sahélien, avec une longue saison sèche (de octobre à juin) et une courte saison des pluies (juillet à septembre). Les pluies annuelles varient entre 400 mm et 600 mm (station météorologie de Maradi aéroport) (Bureau d'Etudes Techniques, d'Assistance et de Surveillance (BETAS), 2013). Le tableau et la figure ci-dessous présentent les pluviométries annuelles de Maradi de 2011 à 2013.

Tableau 1: Pluviométries annuelles de Maradi de 2011 à 2013

Années	2011	2012	2013
Pluviométries moyennes annuelles (mm)	432,5	547,6	545,8
Nombre de jours de pluies (jours)	41	47	45

Source : Direction de la Météorologie Nationale, Station météorologie de Maradi

Les températures moyennes annuelles sont particulièrement élevées. Les températures minimales sont comprises entre 21°C et 23°C pendant les mois de décembre et janvier. Quant aux températures maximales, elles sont comprises entre 36°C et 38°C pendant les mois de avril et mai. De mai à septembre, les vents dominants viennent de l'Océan Atlantique et sont chargés d'humidité. Ils déterminent la saison pluvieuse. De novembre à mars, le vent dominant est l'Harmattan. Il provient du Sahara et est très desséchant, parfois associé aux tempêtes de sable. Le tableau et la figure ci-dessous présentent les températures minimales et maximales de Maradi de 2011 à 2013.

Tableau 2: Températures moyennes annuelles de Maradi

Années	2011	2012	2013
Températures moyennes annuelles minimales (°C)	22,5	21,7	21,9
Températures moyennes annuelles maximales (°C)	37,5	36,6	37,4

Source : Direction de la Météorologie Nationale, Station météorologie de Maradi

I- 1.3 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la ville de Dakoro est constitué essentiellement par des mares saisonnières (carrières et petites dépressions), qui s'assèchent 2 à 4 mois après la saison des pluies et des koris (cours d'eau temporaire). Les eaux issues de ce réseau hydrographique sont de mauvaise qualité pour la consommation humaine et donc ne sont utilisées que pour abreuver les bétails, construire des habitations et pour des cultures maraichères.

I- 1.4 Relief, sol et hydrogéologie

Le relief de la ville est très peu accidenté avec de faible pente allant de 1.5% à 2%. Le contexte géologique du département de Dakoro est caractérisé pour l'essentiel par des formations sédimentaires d'âge crétacé au quaternaire, reposant sur des terrains précambriens

et du primaire, formés de roches anciennes et granitiques. Les principaux types de sols rencontrés à Dakoro sont :

- les sols ferrugineux tropicaux : ils occupent d'importante superficie et couvrent pratiquement la partie sud de la vallée de la Tarka ;
- les sols isohumides : appartenant au grand erg de la zone pastorale, ils sont pauvres en matières organiques, peu structurés et très sensibles à l'érosion éolienne ;
- les sols hydromorphes : ils sont localisés dans les dépressions limono-argileuses (vallées) engorgées d'eau en saison de pluie. Ils favorisent aussi par endroit la formation des mares à régime semi permanent et permanent et plusieurs autres bas-fonds, avec une fertilité moyenne favorable à l'agriculture irriguée.

La commune urbaine de DAKORO se trouve dans la vallée de la haute TARKA, reposant sur le continental HAMADIEN et le continental Terminal. Cette partie est recouverte des dépôts récents alluvionnaires de GOULBI. Ce qui fait qu'on a deux nappes en présence : la nappe phréatique dans les alluvions dont la profondeur ne dépasse pas les 15 mètres, et la nappe moyenne sous pression du continental HAMADIEN et Terminal, dont la profondeur varie de 150 à 250 mètres. (SOUMAILA, 2002)

Les nappes phréatiques sont localisées dans les koris et les périphéries des mares. Elles sont captées et exploitées par des puits modernes et traditionnels. Ces nappes sont alimentées par les eaux de pluie. Les réserves sont limitées et dépendent des aléas climatiques. La qualité de ces eaux reste moyenne et parfois mauvaise du fait de la faible profondeur à laquelle elles se situent.

Les nappes moyennes ou profondes sont un immense aquifère multicouche, avec une nappe phréatique saturant les terrains du faciès de Fark et une nappe sous pression dans ceux du faciès de Tégama. Les eaux de ces nappes sont captées et exploitées par des forages équipés de pompe à motricité humaine (PMH) ou de pompe immergée électrique. Ces eaux sont relativement de bonnes qualités comparées à celles des nappes phréatiques.

I- 2 Caractéristiques du milieu humain

I- 2.1 Aspects sociaux et démographiques

La ville est constituée de plusieurs quartiers-villages regroupant tous les groupes ethniques du département qui sont : les Haoussa, les Touaregs, les Toubous, les Gourmantchés, les Manga, les Arabes et les Peuhls. La langue la plus parlée est le Haoussa. Toutes ces ethnies vivent en parfaite harmonie et entretiennent de bonnes relations d'entraide et de solidarité. Plus de 60%

de la population active est jeune à l'instar de la population de l'ensemble du département de Dakoro.

Des recensements de la population ont eu lieu en 2001 et en 2012 et ont donné les résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3: Résultats des recensements de 2001 et 2012

Désignation	RGP/H 2001	RGP/H2012	Taux d'accroissement annuel 2001-2012 (%)
Niger	11 060 291	17 138 707	4.06
Région de Maradi	2 235 748	3 402 094	3.89
Commune urbaine de Dakoro	15320	23310	3.89

Source : Institut National de la Statistique du Niger

I- 2.2 Aspects économiques

L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités socio-économiques de la ville (Ministère du Plan, 2012). Néanmoins, on note un dynamisme de certaines activités telles que : le commerce et l'artisanat, qui contribuent de façon significative à l'économie des populations, malgré le caractère informel et le manque d'organisation.

L'agriculture est la première activité socio-économique des populations de la commune et occupe près de 90% de la population active. Elle est dominée par des cultures céréalières et légumineuses (mil, sorgho, arachide et haricot) et quelques cultures de rente (sésame et l'oseille). Les femmes occupent une place importante dans l'agriculture. L'agriculture pratiquée est essentiellement traditionnelle avec l'utilisation d'un outillage rudimentaire pendant la saison des pluies.

Si l'agriculture demeure la première activité économique de la commune, le département de Dakoro est reconnu comme une zone à vocation pastorale en raison des conditions agro-pastorales favorables aux pâturages et la tradition pastorale de la majorité de la population. Le bétail est composé des bovins, ovins, caprins, asins, camelins et équins. Trois types d'élevages sont pratiqués par les populations :

- l'élevage normal pratiqué par les éleveurs peuhls et Touaregs. Il est fondé sur l'exploitation des pâturages naturels de la zone pastorale et des migrations transitoires vers les zones de plus en plus favorables ;
- l'élevage transhumant dans lequel les éleveurs maintiennent leurs animaux à proximité d'un point d'attache (village ou point d'eau pastoral) pendant une partie de l'année et

déplacent tout ou une partie des troupeaux pour profiter des meilleures conditions d'affouragement ;

- l'élevage sédimentaire dans lequel les animaux sont gardés à proximité des villages toute l'année. Ce type d'élevage est pratiqué par ceux ayant des résidus agricoles ou des sous-produits disponibles en quantité suffisante pour compléter la ration des animaux en saison sèche.

L'élevage constitue une source importante de devises pour l'économie locale et régionale à travers les revenus qu'il génère pour les populations, grâce à la vente du bétail sur pied, le lait et le beurre.

I- 2.3 Potentialités et contraintes de la ville de Dakoro

Le département de Dakoro fait partie de la Région de Maradi, une région la mieux arrosée par an, ce qui favorise énormément l'agriculture et l'élevage. La ville de Dakoro est accessible de façon permanente à partir de Maradi par la route nationale RN30. La ville de Dakoro est au centre des Régions de Tahoua, Maradi, Agadez, Zinder et constitue le point de rencontre entre les grands commerçants. La ville dispose également du réseau électrique public de la NIGELEC, un système d'adduction d'eau potable, un Hôpital, des établissements secondaires et primaires. La ville bénéficie du réseau de téléphonie mobile de la SONITEL et couvert par les autres réseaux de téléphonie mobile privés. Malgré ces potentialités, la ville de Dakoro se heurte ces derniers temps à d'énormes contraintes qui freinent sérieusement son développement socio-économique.

Les pluies très rares et mal réparties dans le temps et dans l'espace suite aux aléas climatiques, ont un impact négatif sur l'élevage et l'agriculture très dépendante des pluies avec un faible niveau de modernisation. On note aussi un appauvrissement progressif des sols dû au manque d'apports en matières organiques et minérales, mais surtout à leur surexploitation. A tout ceci s'ajoute un manque d'organisation dans tous les secteurs d'activités (agricultures, élevages, commerce et transport), ce qui est parfois la source des conflits entre agriculteurs et éleveurs, le manque d'accès aux crédits agricoles. Dakoro est au centre des 4 grandes villes de Tahoua, Maradi, Agadez et Zinder, cependant son accès en saison pluvieuse est très difficile parfois impossible du fait de la mauvaise qualité des voies d'accès. Seule la voie d'accès à partir de Maradi est permanente car bitumée. Le commerce devient pénible en cette période.

II- APPROCHE METHODOLOGIQUE ADOPTEE

Pour atteindre les objectifs de cette étude, nous avons adopté une approche méthodologique axée sur trois (3) phases :

- une phase de recherche documentaire ;
- une phase de visite de terrain ;
- une phase de traitement de données.

II-1 Phase de recherche documentaire

La recherche documentaire a consisté à la collecte des données sur la zone d'étude, au niveau de la Société des Patrimoines des Eaux du Niger (SPEN), la Société d'Exploitation des Eaux du Niger (SEEN), la Mairie de la commune de DAKORO. Nous avons également utilisé l'internet pour nous procurer certains rapports des études similaires et certains mémoires de nos camarades traitant les mêmes thèmes. Une étude de ces ouvrages nous a permis de nous fixer les hypothèses prises en compte pour la réalisation de cette étude. Il s'agit :

- du taux d'accroissement annuel de la population ;
- les consommations spécifiques des populations tant au niveau des branchements privés qu'au niveau des bornes fontaines ;
- le taux de couverture en eau potable de la commune ;
- les coefficients de pointe journalière et de pointe horaire.

II- 2 Phase d'acquisition, traitement et contrôle des données

L'exploitation de la documentation obtenue au cours de la recherche documentaire, l'entretien avec les agents de la SEEN et de la Mairie de DAKORO et des observations sur le terrain, ont permis d'obtenir des données nécessaires pour mener à bien cette étude. Il s'agit des données telles que :

- l'estimation de la population à l'échéance du projet ;
- l'évaluation des besoins des populations ;
- la capacité du stockage ;
- l'appréciation de la ressource en eau disponible pour l'approvisionnement des populations de la ville.

II- 3 Phase de visites de terrain et validation des données

Les visites de terrain quant à elles nous ont permis de confronter les données de la recherche documentaire à celles réellement sur le terrain. Elles nous ont permis aussi de faire le diagnostic du système d'AEP actuel de la ville, de constater les ouvrages de production d'eau

potable (forages) et leur source d'alimentation, le système de traitement et de stockage en place et ainsi relever certaines insuffisances notamment au niveau du stockage et des sources d'alimentation des ouvrages de production. Le château d'eau en place présente de nombreuses fuites au niveau des vanneries et des jonctions entre le bas de cuve et le support sur lequel elle repose. Les forages ne fonctionnaient qu'avec des groupes électrogènes.

II- 4 Diagnostic du système actuel d'alimentation en eau potable de la ville de Dakoro

Le diagnostic du système d'adduction d'eau potable a permis d'identifier tous les points d'eau et infrastructures d'adduction en eau potable existants dans la ville. Trente-neuf (39) bornes fontaines sur les quarante (40) sont en bon état et fonctionnent correctement. Tous les trois forages existants et un nouveau forage raccordé provisoirement marchent bien également. Le château d'eau en place de 300 m³ présente de nombreuses fuites au niveau des vannes, des manchettes et au niveau des soudures du radier pour la fixation.

La puissance du comptage du réseau électrique souscrite de 18 Kw au niveau du champ de captage¹ est incapable de fournir la puissance nécessaire pour alimenter les deux forages. Sur le champ de captage², les deux forages ne marchent uniquement qu'avec un groupe électrogène.

II-5 Conception technique du réseau d'AEP de la ville de Dakoro

La conception technique du réseau d'AEP de la ville a consisté à la détermination des paramètres de dimensionnement du système d'AEP. Il s'agit de la demande en eau, les points d'eau et infrastructures d'adduction en eau potable existants (forages, château d'eau, les systèmes de traitement, le réseau de distribution, bornes fontaines,...), les principes de dimensionnement (l'horizon du projet et les critères techniques).

II-6 Modélisation et Simulation sous Epanet du réseau d'AEP de la ville de Dakoro

Epanet est un logiciel gratuit de modélisation de réseaux de distribution d'eau en charge. Après avoir modélisé (représentation schématique) le réseau de distribution, une simulation du réseau sous Epanet quant à elle a permis de vérifier le comportement hydraulique du fonctionnement du système d'adduction d'eau, notamment les pressions de service et les vitesses d'écoulement à l'intérieur des conduites.

DEUXIEME PARTIE : CONCEPTION TECHNIQUE ET SIMULATION SOUS EPANET DU RESEAU D'AEP DE DAKORO

I- DIAGNOSTIC DU SYSTEME ACTUEL D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE DAKORO

I- 1 Points d'eau et infrastructures d'adduction en eau potable existants

L'approvisionnement en eau potable de la commune de Dakoro avant ce projet était assuré par trois (03) forages équipés de pompes immergées, totalisant un débit d'exploitation de 84 m³/h. Le Lot1 du projet relatif à la réalisation des forages équipés de pompes immergées dans les mêmes 18 centres concernés par le présent projet, a permis la réalisation de deux (02) nouveaux forages supplémentaires, équipés également de pompes immergées avec un débit d'exploitation de 27 m³/h chacun. Soit un débit d'exploitation total de 138 m³/h pour les cinq forages. Les caractéristiques de ces forages se présentent comme suit :

Tableau 4: Caractéristiques des forages

FORAGES	Dates de réalisation	Débit d'exploitation (m ³ /h)	Débit de production actuelle (m ³ /h)	Temps de pompage (h/j)	Source d'énergie	Qualité de l'eau
F1	1977	27	19	16	Nigelec + GE	Bonne qualité
F2	1979	27	17	23	Nigelec + GE	Bonne qualité
F3	2006	30	20	23	Nigelec + GE	Bonne qualité
F4	2014	27	20	16	Nigelec + GE	Bonne qualité
F5	2014	27	20	16	Nigelec + GE	Bonne qualité

Le centre de Dakoro dispose d'un château d'eau en Brathwaite d'une capacité de 300 m³ surélevé de 7 m par rapport au sol. Ce château permet de servir 1475 abonnés actifs et 40 bornes fontaines (Ministère du Plan, 2012). Cependant ce château présente de nombreuses fuites au niveau des brides des tuyaux et au niveau des vannes. Il sera remplacé par un château de même capacité en aluminium y compris toute la tuyauterie, la vannerie et la fontainerie qui seront en fonte. Il sera rehaussé de 5 m de plus pour une meilleure couverture. Les trois forages refoulent directement dans le réseau de distribution et le surplus remonte jusqu'au château juste pour quelques temps dû au mauvais état du château et de la forte demande de la population.

Le réseau de distribution avec la nouvelle extension est long d'environ **36 426 mètres**.



Figure 3: Château d'eau existant de Dakoro

I-2 Les travaux d'amélioration du système d'alimentation en eau potable existant

L'ensemble des travaux retenus pour l'amélioration des systèmes d'approvisionnement en eau des populations et prévus par le projet sont les suivants :

- La réalisation de deux nouveaux forages équipés d'électropompes immergées, débitant chacun $27\text{m}^3/\text{h}$;
- Le raccordement hydraulique et électrique des forages ;
- Le raccordement électrique des installations de production au réseau électrique et la pose d'un groupe électrogène sur le site de chaque forage ;
- Le remplacement du château d'eau métallique existant par un autre en aluminium de même capacité de 300m^3 ;
- L'installation d'un système complet de traitement de l'eau par chloration ;
- L'extension de 6734 ml de réseau de distribution en PVC PN10 de diamètre allant de 63 à 160 mm ;
- La construction de deux clôtures de protection. Une sur le champ de captage1 pour protéger les ouvrages de production et le château d'eau, l'autre sur le champ de captage2 pour la protection des ouvrages de production sur le site;
- La construction deux bâtiments. L'un à trois compartiments pour abriter la tête de forage, le système de traitement de l'eau par chloration et le groupe électrogène. L'autre à deux compartiments pour abriter la tête de forage et le système de traitement de l'eau par chloration.

II- EVALUATION DES BESOINS EN EAU ACTUELS ET FUTURS

II-1 Evaluation des consommations domestiques

Le renforcement et l'extension du réseau d'AEP de la ville de Dakoro comme toutes les autres localités concernées par ce projet, doivent satisfaire la demande solvable en eau potable à l'horizon 2025.

Les consommations domestiques de la ville de DAKORO ont été estimées à partir d'une étude comparative entre d'une part, les données statistiques d'exploitation de la Société d'Exploitation des Eaux du Niger (SEEN), et d'autre part celles fournies dans le Schéma Directeur de l'Hydraulique Urbaine (SDHU-2008).

Pour le calcul basé sur les données fournies par le SDHU, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- 50 litres par jour et par habitant comme consommation spécifique pour les branchements particuliers ;
- 25 litres par jour et par habitant comme consommation spécifique pour les bornes fontaines ;
- Le taux de couverture en eau potable est de 62% qui est aussi celui de la région et nous souhaitons l'amener à 80% en 2025.

Les données statistiques d'exploitation de la SEEN sont celles couvrant la période de 2006 à 2012. Le taux d'accroissement annuel de la production est de 7.3% (Bureau d'Etudes Techniques, d'Assistance et de Surveillance (BETAS), 2013). Pour notre étude, nous avons retenu un taux de croissance annuelle de la population de 3.7% (Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2008) qui est le taux d'accroissement intercensitaire annuel moyen de la région de Maradi. L'hypothèse de la croissance géométrique a été appliquée pour le calcul de la population. En annexe1 est présentée l'évolution démographique de la ville jusqu'en 2025 sur la base du taux d'accroissement retenu. Le récapitulatif est donné par le tableau ci-dessous :

Tableau 5: Evolution démographique de la ville de Dakoro

Années	2012	2015	2020	2025
Taux d'accroissements annuels		3.7	3.7	3.7
Populations	23 310	25 994	31 172	37 382

II-2 Evaluation des consommations non domestiques

Les consommations non domestiques regroupent les consommations des édifices publics (écoles, hôpitaux et dispensaires, administrations, toilettes publiques,...), les demandes en eau des activités économiques (industrie, artisanat, commerce et élevage) et les pertes d'eau au cours du traitement et la distribution d'eau. N'ayant pas une évaluation des consommations des édifices publics et des activités économiques, une valeur de 10% (Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2008) a été appliquée sur les consommations domestiques pour les intégrer à l'évaluation des besoins en eau potable. Les pertes d'eau dans le système d'adduction d'eau potable se définissent comme suit :

- Les pertes durant les traitements représentent 4 à 5% des pertes totales (Denis, 2008) ;
- Les pertes d'eau au cours de la distribution sont estimées à environ 10 à 20% du volume d'eau distribué (Denis, 2008).

En général, une valeur de 10% des consommations est appliquée pour un réseau neuf pour intégrer les pertes (Bureau d'Etudes Techniques, d'Assistance et de Surveillance (BETAS), 2013). Mais en réalité, il est bien difficile d'atteindre un rendement de 90%, surtout lorsqu'il s'agit d'un réseau existant sur lequel on effectue un renforcement et une extension. Dans notre cas, vu l'importance du linéaire à étendre, les calculs ont été faits avec un taux de perte de 15% (Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2008) de la consommation moyenne journalière.

II-3 Estimation des coefficients de pointe

Les consommations varient en terme quantitatif suivant les saisons, les jours de la semaine, les heures de la journée. Ces variations ont une influence directe sur les ressources en eau à mobiliser et ou les dimensions des installations. Les dimensions du système de distribution sont déterminées par le comportement des usagers à qui l'on doit offrir un service continu. Pour tenir compte des habitudes et comportements en matière d'utilisation d'eau potable des populations de Dakoro, les coefficients suivants ont été retenus :

- le coefficient de pointe journalière est pris égal à 1.2 (Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2008) ;
- le coefficient de pointe horaire quant à lui est compris entre 1.5 et 3 en fonction de la taille de la localité à desservir (Ouédraogo, 2005). Dans notre cas, la population de Dakoro est estimée à l'horizon du projet à 37 382 habitants. Nous retenons donc la valeur de 2.5 comme coefficient de pointe horaire.

Les résultats de l'évaluation des besoins en eau potable des populations sont présentés à l'annexe1. Le récapitulatif des résultats est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Evolution de la demande en eau

Désignation	Unité	2020	2025
Population totale	U	31173	37382
Taux de desserte	%	75	80
Population desservie	U	23379	29906
Taux de desserte branchement particulier	%	40	50
Taux de desserte borne fontaine	%	50	40
Consommation moyenne spécifique BF	l/hab/j	25	25
Consommation moyenne spécifique BP	l/hab/j	50	50
Consommation moyenne journalière BP	m ³ /j	468	748
Consommation moyenne journalière BF	m ³ /j	292	299
Consommation non domestique	m ³ /j	76	105
Consommation moyenne journalière	m ³ /j	836	1151
Pertes	%	15	15
Production moyenne journalière	m ³ /j	961	1324
Production moyenne journalière SEEN	m ³ /j	1240	1764
Coefficient de pointe journalière		1,2	1,2
Production de pointe	m ³ /j	1153	1589
Production de pointe SEEN	m ³ /j	1488	2117

La figure suivante présente l'évolution de la consommation et de la production d'eau potable du centre de DAKORO :

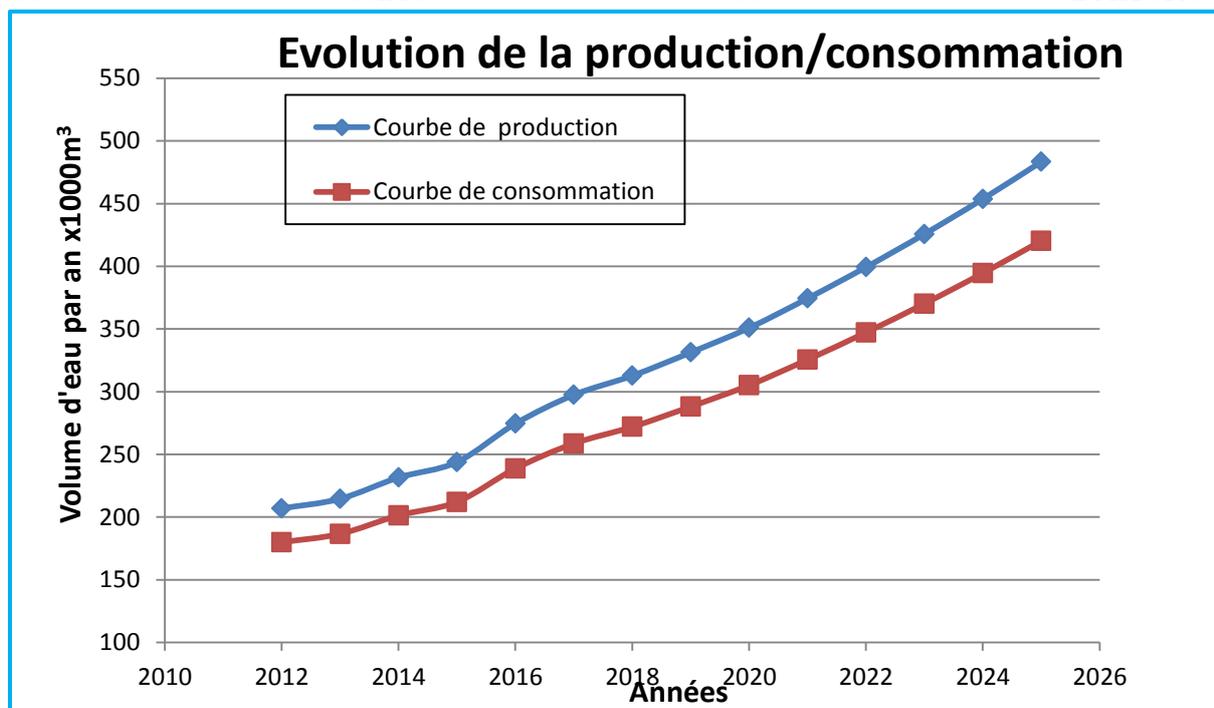


Figure 4: Courbes de consommation et de la production d'eau de Dakoro

III- EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU

La seule ressource en eau pour l'alimentation en potable des populations de Dakoro est l'eau souterraine.

III-1 Capacité des forages

La ressource en eau pour l'alimentation de la ville sera assurée par les cinq forages. Ces forages sont équipés d'électropompes immergées de type Grundfos avec un débit total de **96 m³/h**. L'équipement hydraulique des forages comprend tous les éléments entre les pompes immergées et le début de la conduite de refoulement. Les deux nouvelles pompes sont de types Grundfos, débitant 20 m³/h, avec une puissance de 18.5 KW et une hauteur manométrique totale (HMT) de 150m. Les armoires de commande devront faire fonctionner les pompes de 20 m³/h, 18.5 KW de puissance et 150 m de HMT.

Tableau 7: Caractéristiques des pompes immergées des deux nouveaux forages

Type de pompe	Débit (m ³ /h)	Puissance (KW)	HMT (m)
Grundfos	27	18.5	150

Les têtes des forages seront équipées des éléments suivants :

- Un filtre à sable DN80 ;
- Un clapet anti retour DN80 ;
- Une ventouse ;
- Un manomètre ;
- Un robinet de puisage ;
- Un compteur DN80 ;
- Une vanne d'arrêt DN80.

L'alimentation électrique des deux nouveaux forages sera assurée par le réseau public existant de la NIGELEC et par les groupes électrogènes. L'alimentation électrique du nouveau forage du champ de captage 1 nécessitera une souscription à un branchement de puissance supérieure. Le seul forage existant d'une puissance de 13 kW fonctionne avec un comptage d'une puissance de 18 KW et un groupe électrogène de 45 KVA. On remplacera le comptage existant par un nouveau comptage avec une puissance de 42 KW. Un seul coffret inverseur mais avec plusieurs départs vers les forages assurera la sécurité des installations. Le groupe électrogène existant sera remplacé par un groupe électrogène de 60 KVA pour alimenter les deux forages.

L'alimentation électrique du nouveau forage du champ de captage 2 quant à elle, nécessitera une extension de ligne MT sur une distance d'environ deux (02) Km avec la pose d'un transformateur H61 33KV/B2 100 KVA, la construction d'une ligne BT sur 50 m environ. Le groupe électrogène de 45 KVA sur le champ de captage 1 sera utilisé pour alimenter ce nouveau forage en cas de délestage. Les deux anciens forages sur ce champ de captage fonctionnent uniquement avec un groupe électrogène. Tout comme sur le champ de captage 1, il aura un seul comptage et un coffret inverseur mais avec plusieurs départs vers les forages.

III-2 Traitement de l'eau

Deux systèmes de traitement au chlore seront prévus en amont du refoulement de chaque forage vers le château d'eau. La désinfection sera réalisée par injection d'hypochlorite de calcium, produit ayant une teneur en chlore actif élevée. L'hypochlorite de calcium sera dilué à l'eau dans un premier temps puis injecté par une pompe doseuse sur la conduite de refoulement. Il sera dosé entre 0.5 et 1 mg/l. La concentration de la solution est fixée à 25 g/l, (Bureau d'Etudes Techniques, d'Assistance et de Surveillance (BETAS), 2013) la dilution se fera dans une cuve de préparation en PE et équipé d'un agitateur électrique de type Grundfos résistant à l'attaque du chlore. L'eau nécessaire à la préparation de la solution sera prélevée sur la conduite de refoulement. Il sera prévu un système de collecte et d'évacuation des eaux de rinçage.

Le système de traitement sur le champ de captage 1 à installer fonctionnera pour le nouveau et l'ancien forage. Le débit d'eau à traiter pour les deux forages est de 39 m³/h. La concentration de la solution à injecter est de 25 g/l. Le débit d'injection est alors de :

$$q_{inj} = \frac{Q}{C}$$

avec

q_{inj} : débit de chlore à injecter (l/h)

Q : débit d'eau à traiter (m³/h)

C : concentration de la solution à injecter (g/l)

$$q_{inj} = \frac{39}{25}, \quad q_{inj} = 1.56 \text{ l/h.}$$

La solution dosée doit pouvoir assurer une autonomie de 10 jours d'utilisation. Le volume théorique du bac à utiliser est donné par la formule suivante :

$$V_{th} = N_{jA} \times q_{inj} \times N_{hp}$$

avec

V_{th} : volume théorique du bac (l)

N_{jA} : nombre de jours d'autonomie (jr)

q_{inj} : débit de chlore à injecter (l/h)

N_{hp} : nombre d'heures de pompage des forages par jour (16 h)

$$V_{th} = 10 \times 1.56 \times 16, \quad \mathbf{V_{th} = 249.5 \text{ l}}$$

Le volume du bac retenu est de **300 l**, soit deux bacs de **150 l** chacun.

Les deux forages existants du champ de captage 2 ont déjà chacun un système de traitement d'eau. Le système de traitement au chlore à installer servira à désinfecter l'eau du nouveau forage avant son refoulement au château. Le débit d'eau à traiter pour ce forage est de 20 m³/h. La concentration de la solution chlorée est également de 25 g/l. Le débit à injecter est alors de **$q_{inj} = 0.8 \text{ l/h}$** .

Le volume théorique du bac est de **$V_{th} = 128 \text{ l}$** avec dix jours d'autonomie également et 16h de pompage par jour. Le volume retenu est de **300 l**, soit deux bacs de **150 l** chacun. Chaque système comportera deux pompes doseuses dont une de secours. Le tableau ci-dessous présente le récapitulatif des différentes caractéristiques des systèmes de chloration :

Tableau 8: Tableau récapitulatif des caractéristiques des nouveaux systèmes de chloration

	Débit d'eau à traiter (m ³ /h)	Concentration de la solution (g/l)	Taux d'injection max (ppm)	Débit maxi d'injection (l/h)	Volume théorique bac (l)	Bacs Retenus	Autonomie (jours)	Type de pompe
Champ 1	39	25	1	1.56	249.5	300	10	2 pompes Grundfos DDA7.5-16
Champ 2	20	25	1	0.8	128	300	10	2 pompes Grundfos DDA7.5-16

Les débits d'injection suivants sont ceux au démarrage du système. Les pompes doseuses seront munies d'un système automatique qui règlera le débit à injecter en fonction de la teneur en chlore dans l'eau à la sortie du château d'eau.

IV- CHOIX DU SYSTEME D'ALIMENTAION EN EAU

Le système d'approvisionnement de la ville de Dakoro consistera en cinq forages équipés d'électropompes immergées qui refouleront l'eau directement dans le réseau de distribution. Une fois que la demande sera inférieure à l'offre, le surplus d'eau remontera dans un château d'eau en aluminium d'une capacité de 300m³. L'eau sera ensuite distribuée de façon gravitaire à partir du château quand la demande sera supérieure à l'offre. Le schéma hydraulique du système d'AEP de Dakoro est présenté à l'annexe2 par le plan du réseau. Le réseau de distribution a une longueur totale de **36.426 kilomètres**.

Le choix du système d'alimentation en eau potable d'une localité dépend des points suivants :

- les quantités d'eau à mobiliser ;
- la qualité de la source d'eau et son emplacement par rapport au lieu de consommation ;
- du niveau de service exigé par les usagers : la fourniture d'eau en quantité, la continuité du service, la qualité du service (temps de branchement et de maintenance) la pression de service.

Dans notre cas, le système existant est un système de type refoulement distributif. Les trois forages refoulent directement dans le réseau de distribution et le surplus une fois le réseau plein, remonte jusqu'au château. Nous maintenons le même système. Les deux nouveaux forages seront raccordés au refoulement existant.

V- DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'AEP

V-1 Dimensionnement du réseau de distribution

Le dimensionnement du réseau de distribution a pour objectif de définir ou optimiser les diamètres des conduites à poser selon le niveau de service visé. Dans notre cas, il s'agissait d'un réseau existant sur lequel nous devons faire une densification et une extension des conduites de distribution. Les diamètres des conduites ont été choisis sur la base des diamètres des conduites existantes sur lesquelles nous devons faire le raccordement des nouvelles conduites à poser. Le réseau de distribution d'eau de Dakoro avec les extensions comportera 28 mailles avec plusieurs ramifications à l'intérieur comme à l'extérieur des mailles. Les conduites sont toutes en PVC PN10 de diamètres allant de 63 mm à 200 mm. (Voir schéma du réseau à l'annexe2).

La structure du réseau futur de distribution a été définie sur la base des rues existantes dans les quartiers déjà urbanisés et sur la base du cadastre projeté et des rues en découlant dans les

zones non encore urbanisées (Bureau d'Etudes Techniques, d'Assistance et de Surveillance (BETAS), 2013). L'implantation du réseau des conduites pour la densification et l'extension s'est réalisée avec le concours des représentants la SEEN locale et de la commune de Dakoro. Le réseau des conduites a été implanté sur la base des plans cadastraux puis mis à jour par des levés topographiques en tenant compte des critères suivants :

- assurer l'alimentation en eau des zones loties non desservies par la SEEN mais qui sont occupées ou qui connaissent un début d'occupation ;
- densifier le réseau dans les zones peu desservies dans lesquelles la SEEN a enregistré des demandes de branchements

Pour s'assurer du bon fonctionnement du réseau (les pressions de service), le réseau a été modélisé avec le logiciel EPANET. La modélisation hydraulique, basée sur la résolution de l'équation de continuité et les équations de pertes de charges linéaires, a permis de simuler les différentes conditions d'alimentation et de distribution.

V-1.1 Justification du nombre de bornes fontaines

Le système d'AEP de la ville de Dakoro compte actuellement quarante (40) bornes fontaines. La population desservie par borne fontaine à l'horizon 2025 est de 11 963 habitants. Sur la base de 500 habitants (Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2008) par borne fontaine, 24 bornes fontaines sont nécessaires pour satisfaire les populations. Il n'y a donc pas de nécessité de construire de nouvelles bornes fontaines sauf en cas de besoin.

V-1.2 Aperçu sur les critères techniques de dimensionnement

Les contraintes techniques auxquelles l'on est confronté lors du dimensionnement d'un réseau de distribution sont en autres la pression et la vitesse d'écoulement à l'intérieur des conduites.

Les contraintes techniques et économiques recommandent une limitation supérieure de la vitesse à l'intérieur de la conduite à 2 m/s. La limite inférieure quant à elle est donnée par la vitesse d'autocurage qui dépend de la qualité de l'eau. Elle varie entre 0.3 et 0.5 m/s en fonction de la plus petite particule à éliminer par entraînement par la force tractive de l'eau.

Dans notre cas, nous maintenons la vitesse entre 0.3 et 1.5 m/s. (Denis, 2008)

Pour ce qui est de la pression, les limitations de pression sont données par deux paramètres. La pression minimale doit être supérieure à la pression atmosphérique (Yonaba, 2014), notamment aux points hauts. La pression maximale quant à elle, est limitée à la pression maximale indiquée sur la conduite par le fabricant. Dans notre cas, toutes les conduites ont une pression nominale de 10 bars (100 mCE), pression nominale certifiée utilisée dans les réseaux de distribution. Donc les pressions dans les conduites doivent être comprises entre 10

et 100 mCE. Cependant, le transport expose les conduites aux intempéries telles que l'ensoleillement, les variations de températures. Il est donc recommandé d'appliquer une marge de sécurité de 0.70 à 0.80 (Denis, 2008) à la pression nominale marquée des conduites en plastique (PVC, PEHD) dont les caractéristiques sont modifiées par l'ensoleillement et les variations de températures. Nous limitons donc les pressions entre 10 et 70 mCE.

Les critères techniques utilisés pour le dimensionnement du réseau de distribution sont les suivants :

- Le coefficient de pointe journalière est de 1.2 ;
- Le coefficient de pointe horaire est de 2.5 ;
- Les durées maximales de pompage sont de 16h/jour ;
- La capacité du stockage a été déterminée par la méthode analytique ;
- Les canalisations seront en PVC, PN10.

V-1.2 Détermination de la côte minimale du radier

Le château d'eau dans un réseau de distribution vise à contenir les excédents de pompage durant les périodes de faible consommation et de compenser le besoin en eau pendant les périodes de forte consommation dans la journée. Il est donc dimensionné pour équilibrer les fluctuations journalières de la consommation des usagers. Il est aussi un ouvrage régulateur de débit et de pression qui permet d'adapter la production à la consommation. Quand l'offre dépasse la demande, le complément est stocké au château. Ce complément sera utilisé quand la demande dépassera l'offre. Outre ces fonctions, le château d'eau assure aussi une fonction de sécurité d'approvisionnement dans l'éventualité d'un incident sur les équipements de production. Notamment les pannes de pompes, les interruptions de l'alimentation électrique.

La côte minimale du radier d'un château d'eau dépend essentiellement du besoin en pression minimale des installations situées à l'aval de celui-ci. Le choix de la côte du radier des châteaux situés sur les réseaux de distribution est soumis à deux contraintes majeures. (Denis, 2008) L'ouvrage doit assurer la pression de service contractuelle au point hydrauliquement le plus défavorisé en pression tant qu'il délivre un débit d'eau. La pression dans le réseau doit également être inférieure à la pression nominale des conduites et accessoires de distribution.

Pour ce fait, l'emplacement du château d'eau doit concilier aussi à deux contraintes :

- le château doit être situé au centre de la zone de distribution pour minimiser la longueur et le diamètre des conduites principales ;
- le château doit être construit au point géométriquement le plus haut de la zone couverte afin de minimiser sa hauteur par rapport au terrain naturel.

Dans notre cas, la côte du radier existant est de 7 m par rapport au terrain naturel. Une simulation avec le logiciel EPANET, avec cette côte de 7m du radier, a donné de bonnes

pressions de l'ordre de 9.85 mCE à 28.70 mCE. Nous jugeons ces pressions suffisantes pour un bon fonctionnement du réseau. Par contre, dans l'étude d'Avant-Projet Détaillé, la simulation a été faite avec un rehaussement de la côte du radier de 7 m à 12 m. Ce rehaussement a été fait en tenant compte de l'extension future du réseau dans les villages environnants de la ville. Avec cette côte de 12 m, les pressions maximale et minimale obtenues sont de 33.70 mCE et 15.07 mCE.

V-2 Dimensionnement de la capacité utile du réservoir

V-2.1 Justification du type de réservoir

Le château d'eau existant est en Brathwaite posé sur une charpente en acier profilé. Avec l'utilisation du chlore comme désinfectant de l'eau, la cuve a été attaquée par ce dernier occasionnant de nombreuses fuites au niveau des brides des tuyaux de distribution et au niveau des vannes sur les conduites de refoulement et de distribution. Il a été donc jugé nécessaire de remplacer la cuve existante en Brathwaite, par une cuve en aluminium, moins sensible à l'attaque du chlore et de rehausser la charpente de 7 m à 12 m de hauteur. N'ayant pas les données sur la fondation existante, nous avons trouvé judicieux de construire une nouvelle fondation avec une nouvelle charpente et la cuve en aluminium de type alimentaire.

La fondation en béton armé est constituée de neuf (09) semelles isolées. Les semelles sont carrées de dimensions 1.20x1.20x0.30 m, posées sur une plateforme de propreté de 5 cm d'épaisseur minimum. Les semelles sont surmontées par des poteaux de dimensions 0.80x0.80x1.10 m et des goujons d'ancrage en acier HA20 de 0.65 m, pour la fixation de la charpente. La note de calcul et les plans sont présentés à l'annexe 3.

La charpente quant à elle, sera également en acier profilé s'élevant depuis la fondation jusqu'à une hauteur de 12 m sous le radier de la cuve. Des joints en caoutchouc seront prévus entre les supports métalliques et la tour afin d'éviter le phénomène redox ainsi que les compensateurs de dilatation pour le montage des tuyaux.

La cuve en aluminium, type alimentaire soudé selon les normes en vigueur au Niger, est de forme cylindrique avec une capacité totale de 334 m³. Elle a un diamètre intérieur de 8.40 m et une hauteur utile de 5.80 m. L'épaisseur de la tôle est de 5 mm. L'étanchéité intérieure sera assurée par une bâche en Liner PVC (type eau potable) de même capacité que la cuve.

V-2.2 Détermination de la capacité utile du réservoir par la méthode analytique

La capacité totale d'un château est composée de la réserve de distribution (réserve théorique) et de la réserve d'incendie. La réserve d'incendie est prise en générale égale à 120 m³. Soit un débit de 60m³/h pendant deux heures (Denis, 2008). Nous n'avons pas tenu compte de cette réserve d'incendie dans notre étude car le débit de distribution du jour de pointe est de 66 m³/h et le débit de pompage de 96 m³/h sont nettement au-dessus du débit nécessaire pour

combattre un incendie pendant deux heures. De plus, le réseau de distribution de Dakoro ne comporte aucune borne d'incendie. Le service de Sapeurs-Pompiers le plus proche est celui de Maradi situé 130 km de Dakoro, soit à deux heures de route environ.

Il existe trois méthodes pour déterminer la capacité théorique du réservoir : la méthode analytique, la méthode graphique et la méthode simplifiée. Dans le cadre de notre étude, la méthode analytique a été utilisée pour déterminer la capacité utile du réservoir.

Le fonctionnement du système est simulé au cours d'une journée afin de déceler à des intervalles de temps prédéterminés, les déficits et les surplus de volume non consommés. Le volume de distribution est la somme de la plus grande valeur positive et de la valeur absolue de la plus faible valeur négative.

Tableau 9: Profil de la consommation journalière de Dakoro

Périodes	0h-2h	2h-4h	4h-6h	6h-8h	8h-10h	10h-12h	12h-14h	14h-16h	16h-18h	18h-20h	20h-22h	22h-24h
Profil de consommation (%)	1,2	5,1	13	22,4	12,6	7,2	6,7	9,2	15	5	1,4	1,2

Source : Données statistique de la SEEN

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Cette méthode nous a donné une capacité théorique du réservoir de **358 m³**. Nous retiendrons une capacité totale de **360 m³**. Le détail est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 10: Tableau récapitulatif du calcul de la capacité théorique du château d'eau

Périodes	0h-2h	2h-4h	4h-6h	6h-8h	8h-10h	10h-12h	12h-14h	14h-16h	16h-18h	18h-20h	20h-21h	21h-22h	22h-24h
Durées (h)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
Profil de la consommation (%)	1,2	5,1	13,0	22,4	12,6	7,2	6,7	9,2	15,0	5,0	0,8	0,6	1,2
Qa (m ³ /h)	0,00	0,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00	0,00	0,00
Va par tranche	0,00	0,00	192,00	192,00	192,00	192,00	192,00	192,00	192,00	192,00	96,00	0,00	0,00
Va cumulé	0,00	0,00	192,00	384,00	576,00	768,00	960,00	1152,00	1344,00	1536,00	1632,00	1632,00	1632,00
Qc (m ³ /h)	9,53	40,52	103,29	177,97	100,11	57,20	53,23	73,09	119,18	39,73	12,71	9,53	9,53
Vc par tranche	19,07	81,04	206,57	355,94	200,21	114,41	106,46	146,19	238,35	79,45	12,71	9,53	19,07
Vc cumulé	19,07	100,11	306,68	662,61	862,83	977,24	1083,70	1229,89	1468,24	1547,69	1560,40	1569,93	1589,00
Contenance du réservoir	-19,07	-100,11	-114,68	-278,61	-286,83	-209,24	-123,70	-77,89	-124,24	-11,69	71,60	62,07	43,00
Capacité théorique du réservoir (m ³)	358.43												

V-2.3 Equipements hydrauliques du château d'eau

Les équipements suivants sont prévus pour le château :

- une conduite de refoulement en fonte ductile DN160 PN16, menant de la tranchée sous le château jusqu'à la manchette de remplissage située sur le côté, en partie haute de la cuve (voir schéma du château en annexe), y compris tout le matériel de fixation ;
- une conduite de distribution en fonte ductile DN200 PN16 munie à son extrémité d'une crépine à cylindre perforé en acier inoxydable. Le départ de la conduite de distribution sera situé au minimum à 40 cm au-dessus du radier afin d'éviter l'introduction des boues et sables qui pourraient éventuellement décanter dans la cuve ;
- une conduite de trop plein en fonte ductile DN200 PN16 ;
- une conduite de vidange en fonte ductile DN200 PN16 qui part du fond de la cuve pour se raccorder sur la conduite de trop plein avec une vanne d'arrêt ;
- des cheminées d'aération coudées en 4'' minimum soudées sur le toit du château et protégées par une grille contre les insectes chacune ;
- un trou d'homme muni d'une fermeture étanche ;
- une échelle d'accès extérieur protégée par un garde-fou ;
- une échelle de descente dans la cuve fixée sur le fond de la cuve ;
- un indicateur de niveau d'eau visible à l'extérieur et lisible depuis le sol ;
- des vannes de sectionnement.

Il sera prévu un système de "By-pass" entre le refoulement et la distribution pour assurer la continuité de la distribution en cas de disfonctionnement ou de maintenance sur le château.

V-3 Dimensionnement de la conduite de refoulement

V-3.1 Nature des conduites de refoulement

Les conduites de refoulement seront en PVC DE160, PN16. Elles seront raccordées aux anciennes conduites de refoulement existantes.

V-3.2 Diamètre de la conduite de refoulement

Pour son dimensionnement, la formule de Bresse a été utilisée :

$$D_{th} = 1.5 \times \sqrt{Q}$$

avec

D_{th} : le diamètre théorique (mm)

Q : le débit de refoulement (m³/s). Le débit utilisé ici est le débit d'exploitation du forage qui est de 27 m³/s, soit 0.0075 m³/s.

$$D_{th} = 1.5 \times \sqrt{0.0075} , D_{th} = 129.9 \text{ mm.}$$

Nous retenons un diamètre nominal de **160 mm (160/130.8), DN160 PN16.**

V-3.3 Vitesse d'écoulement dans les conduites

La vitesse d'écoulement dans la conduite doit être comprise entre 0.5 et 1.5 m/s (Denis, 2008) pour éviter les dépôts dans les conduites et les risques de coup de bélier. La vitesse est donnée par la formule suivante :

$$V = \frac{Q}{S} , \text{ avec}$$

V : la vitesse d'écoulement dans les conduites (m/s)

Q : le débit de refoulement (m³/s)

S : la section de la conduite de refoulement (m²), $S = \frac{\pi \times D^2}{4}$ D étant le diamètre intérieur de la conduite de refoulement. **S = 0.0134 m²**

$$V = \frac{0.0075}{0.015} , V = 0.56 \text{ m/s. La condition de vitesse est donc vérifiée.}$$

V-3.4 La protection anti-bélier

On appelle coup de bélier les variations de pression provoquées par une rapide modification du régime d'écoulement d'un liquide à l'intérieur d'une canalisation. Les causes de ces phénomènes sont diverses mais fréquentes lors de l'arrêt brusque d'une pompe (coupure d'électricité ou panne) et de la fermeture brusque d'une vanne sur une installation hydraulique. Un phénomène de coup de bélier peut avoir des conséquences fâcheuses telles que la rupture de la canalisation et la détérioration d'appareils traversés par l'eau. La variation de pression provoquée par le coup de bélier peut être calculée par la formule suivante de Joukovski :

$$\Delta P = \alpha \times \frac{V}{g} , \text{ avec}$$

ΔP : la variation de pression en mCE

V : la vitesse d'écoulement dans la conduite en m/s

g = 9.81 m/s² : la pesanteur

α : la vitesse de l'onde de pression (environ 450 m/s pour les conduites en PVC et 1000 m/s pour les conduites métalliques (Lamine, 2003))

$$\Delta P = 450 \times \frac{0.56}{9.81} , \Delta P = 25.6 \text{ mCE.}$$

La pression de service relevée sur les conduites est : $p = 48 \text{ mCE}$. La pression maximale alors provoquée par le coup de bélier est :

$$P = \Delta P + p, \quad P = 73.6 \text{ mCE.}$$

La pression nominale des conduites est 160 mCE, qui est supérieure à la pression maximale provoquée par le coup de bélier, donc une protection anti-bélier n'est pas nécessaire.

V-4 Quelques éléments constitutifs du réseau d'AEP de la ville de Dakoro

V-4.1 Types de conduites

Pour le choix de la nature des canalisations des conduites de distribution, deux matières sont envisageables : le PVC et le PEHD. De ces deux types de matières, le PVC reste le plus accessible, facile d'utilisation et le moins cher sur le marché. N'ayant pas de contraintes dues à la nature du terrain, nous optons pour le PVC. La pression nominale des conduites est de 10 bars.

Les diamètres des conduites ont été choisis en fonction des conduites existantes et de l'importance de la consommation à l'aval (densité de la population, existence d'infrastructures, zone d'extension). Une simulation hydraulique avec le logiciel EPANET 2.0 a permis d'ajuster les diamètres pour respecter les conditions de pression dans tout le réseau. Les diamètres extérieurs retenus sont les diamètres normalisés utilisés par la SEEN (200 mm, 160mm, 110mm, 90mm et 63mm).

V-4.2 Appareils hydrauliques

Les appareils hydrauliques sont des ouvrages ponctuels sur le réseau. Ils ont pour rôle d'assurer le bon fonctionnement, la protection et l'entretien du réseau. Ils se composent des éléments suivants :

Les robinets vannes : ils permettent d'isoler certains tronçons lors des opérations de maintenance par exemple. Les robinets vannes seront de type opercule caoutchouc, de diamètre correspondant à la conduite sur lesquelles ils seront posés. Tous les robinets vannes seront munis d'une tête de bouche à clé, un tube allonge, le tout posé dans des regards de protection. L'ensemble sera manœuvré par une clé à béquille.

Les ventouses : elles seront placées aux points élevés du réseau et permettront d'évacuer l'air qui s'y accumule. Elles permettront également de faire pénétrer l'air dans les conduites lorsqu'un vide se crée. Elles seront aussi posées dans des regards de protection.

Les vidanges : quant à elles, elles sont posées aux points bas du réseau. Leur rôle est de permettre le nettoyage des éventuels dépôts solides dans le réseau. Elles seront également posées dans des regards de protection.

Les butées : ce sont des massifs en béton exécutés au niveau des Tés, des coudes et les plaques pleines afin de reprendre les efforts de poussée hydraulique.

VI- MODELISATION DU RESEAU D'AEP DE DAKORO

VI-1 Présentation du logiciel EPANET

Dans un modèle mathématique, le réseau de distribution est décrit comme un ensemble d'arcs et de nœuds (Rossman, 2003). Un arc peut être aussi bien une conduite simple qu'un appareil comme une vanne, un clapet, une pompe, etc. EPANET permet ainsi de modéliser les équipements et ouvrages classiques du réseau de distribution (pompe, régulateur de pression, régulateur de débit, vannes, réservoirs,...). Les arcs sont caractérisés par :

- la longueur, le diamètre et le coefficient de perte de charge (rugosité) des conduites ;
- les données caractéristiques des vannes et organes de régulation de pression ;
- les caractéristiques hydrauliques des pompes.

Les nœuds quant à eux sont les intersections ou extrémités d'arcs et représentent les entrées de réseaux c'est-à-dire les réservoirs ou les sorties de réseaux c'est-à-dire les consommateurs ou poteaux d'incendie. Les nœuds sont caractérisés par :

- leurs coordonnées (x, y, z) ;
- un niveau d'eau fixe (ou les niveaux maximum et minimum de marnage) dans le cas d'un réservoir ;
- une consommation dans le cas de nœuds de consommation ou poteaux d'incendie.

VI-2 La génération des débits

Après avoir tracé le réseau, les débits desservis à chaque nœud (consommation ponctuelle importante, antenne) ou de service en route sont identifiés :

- le débit desservi à un nœud est la somme des débits ponctuels soutirés à ce nœud ;
- le débit desservi sur chaque tronçon qui peut être déterminé de deux manières (Denis, 2008):
 - une desserte uniforme sur toute la longueur de la conduite. Le débit desservi par le tronçon est alors proportionnel à sa longueur :

$$Q_i = \frac{Q_T}{L_T} \times L_i \text{ avec}$$

Q_i : le débit desservi par le tronçon en l/s

Q_T : le débit total de dimensionnement du réseau en l/s

L_T : la longueur totale du réseau en m

L_i : la longueur du tronçon dont on calcule le débit desservi

- une desserte uniforme sur la surface desservie par chaque tronçon. Dans ce cas, une triangulation est nécessaire pour affecter à chaque tronçon la surface desservie, le débit est exprimé en l/s/ha.

Le débit initial de calcul de chaque tronçon est la somme du débit desservi par le tronçon lui-même et le débit transité par le tronçon pour desservir la demande du nœud situé à son aval. Pour notre étude, nous avons retenu la desserte uniforme sur toute la longueur de la conduite pour la détermination des débits desservis.

VI-3 Simulation et interprétation

Compte tenu de la faible importance des gros consommateurs, la totalité de la demande du jour de pointe a été répartie aux différents nœuds de prélèvement de chaque conduite affectée à une zone de desserte. La simulation a été réalisée à l'heure de pointe du jour de pointe. Les pertes de charge ont été calculées avec la formule suivante de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{C_{HW}}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.871}} \times Q^{1.852} \text{ avec}$$

J : la perte de charge linéaire en m ;

C_{HW} : coefficient de Hazen-Williams ($C_{HW} = 150$ pour les conduits en PVC) ;

D : diamètre de la conduite en m ;

L : longueur de la conduite en m ;

Q : débit d'écoulement dans la conduite en m³/s.

Les données nécessaires à la simulation sont :

- l'ossature du réseau existant et l'extension ;
- l'altitude de chaque nœud et du radier du château d'eau ;
- les débits au niveau de chaque nœud ;
- les niveaux d'eau dans le château ;
- les caractéristiques des conduites (diamètre et longueur).

Les conduites sont supposées être posées à 1 m en dessous du terrain naturel. Les nœuds sont affectés des côtes du terrain naturel. Les caractéristiques du château d'eau sont les suivantes :

Tableau 11: Caractéristiques du château d'eau

Désignation	Unité	Caractéristiques
Volume de stockage	m ³	334
Côte terrain naturel	m	100.30
Côte du radier	m	112.30
Côte trop plein	m	118.1
Côte départ du château	m	112.70

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats de la simulation au niveau de quelques nœuds et conduites à l'heure de la simulation :

Tableau 12: Etat de quelques nœuds au repos

Node ID	Demande (m ³ /h)	Charge (m)	Pression (mCE)
Junc N3	0.35	114.52	15.68
Junc N4	0.35	114.51	16.44
Junc N10	0.35	114.43	18.00
Junc N11	0.35	114.40	16.62
Junc N12	0.35	114.38	15.75
Junc N13	0.35	114.38	15.75
Junc N14	0.35	114.37	15.56
Junc N15	0.35	114.37	15.45
Junc N16	0.35	114.37	14.74
Junc N149	0.35	115.27	15.07
Junc N155	0.35	114.59	33.26
Junc N156	0.35	114.59	33.26
Junc N157	0.35	114.59	33.70

Tableau 13: Etat de quelques conduites à l'heure au repos

Link ID	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (m ³ /h)	Vitesse (m/s)	Pertes de charge unitaire (m/km)
Pipe P3	176.55	63	0.43	0.04	0.04
Pipe P4	75.92	63	-1.48	0.13	0.38
Pipe P5	52.61	63	0.08	0.01	0.00
Pipe P6	173.68	63	-0.27	0.02	0.02
Pipe P7	75.14	63	1.93	0.17	0.61
Pipe P8	142.85	90	3.94	0.17	0.41
Pipe P9	94.39	90	-6.49	0.28	1.02

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P10	64.02	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P11	144.32	63	1.23	0.11	0.27
Pipe P12	75.60	90	3.64	0.16	0.35
Pipe P13	120.58	90	-0.05	0.00	0.00
Pipe P14	53.75	90	4.52	0.20	0.52
Pipe P15	63.73	63	1.30	0.12	0.29
Pipe P16	22.89	90	2.88	0.13	0.23
Pipe P149	186.51	63	-0.65	0.06	0.08
Pipe P150	76.45	63	1.55	0.14	0.41
Pipe P151	193.71	63	-0.55	0.05	0.06
Pipe P152	78.63	63	1.64	0.15	0.46
Pipe P153	182.89	63	-0.52	0.05	0.05
Pipe P154	69.78	63	0.97	0.09	0.17
Pipe P155	187.60	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P156	194.88	63	0.62	0.06	0.08
Pipe P157	109.42	90	5.12	0.22	0.66
Pipe P175	81.25	90	-14.11	0.62	4.31
Pipe P176	233.18	63	1.99	0.18	0.65
Pipe P177	149.25	63	1.40	0.12	0.34
Pipe P178	118.66	90	6.08	0.27	0.91
Pipe P179	84.53	200	-66.05	0.58	1.54
Pipe P180	71.22	63	3.69	0.33	2.05

Nous constatons que toutes les pressions obtenues aux différents nœuds sont suffisantes pour un bon fonctionnement du réseau. Par contre, les vitesses d'écoulement dans la plupart des conduites sont très faibles. Cela est dû principalement au fait que les débits qui y transitent sont également faibles, mais aussi que les diamètres des conduites sont élevés pour ces débits. Les débits négatifs sont dus au sens positif de l'écoulement de l'eau dans les conduites choisi par le logiciel lors de la simulation.

TROISIEME PARTIE : SUIVI DES TRAVAUX DE REALISATION

I- SUIVI, CONTROLE ET EVALUATION TECHNIQUE DES TRAVAUX DE REALISATION DU SYSTEME D'AEP DE DAKORO

I-1 Suivi des travaux

Il faut noter que la totalité des travaux dans le cadre de ce projet a été sous-traitée à deux sous-traitants : les volets génie civil, canalisation et stockage à l'entreprise MTK Services ; les volets traitement de l'eau et alimentation électrique à l'entreprise HYDROBA. FORACO ne fait que le suivi des travaux. Le délai contractuel de ce marché est de douze (12) mois, cependant les sous-traitants ont dix (10) mois pour finir les travaux.

Le montant du marché est de **2 198 176 090 FCFA** et il nous a été demandé de faire un chiffre d'affaire mensuel minimum de **200 000 000 FCFA**. En fonction de cette exigence, nous avons fourni un planning global d'exécution aux sous-traitants et leur fournissons chaque mois un planning mensuel afin de pouvoir atteindre notre objectif assigné pour le mois. Toutes les deux semaines, nous tenons une réunion avec les sous-traitants afin de faire le point sur l'évolution des travaux, apporter des mesures correctives sur le planning mensuel toujours dans le but d'atteindre l'objectif mensuel.

I-2 Contrôle et évaluation technique des travaux

Nous organisons avec la mission de contrôle deux fois dans le mois, une mission de contrôle et de supervision sur les chantiers pour évaluer l'état d'avancement et apprécier la qualité des travaux conformément aux spécifications techniques particulières du marché. Nous évaluons également les différents taux d'exécution en vue de la préparation des attachements et décomptes. C'est d'ailleurs à la suite de ces missions que nous tenons les réunions avec les sous-traitants pour faire le point sur toutes les remarques observées pendant la tournée. Nous relevons aussi les difficultés liées à l'exécution de certaines tâches

II- SUIVI BUDGETAIRE ET REDACTION DES RAPPORTS MENSUELS D'AVANCEMENT DES TRAVAUX

II-1 Suivi budgétaire des travaux

Lord de la deuxième mission de contrôle et de supervision du mois, nous nous accordons avec le contrôle sur les taux de réalisation des travaux. Une fois de retour au bureau, nous lui soumettons les attachements et décomptes pour vérification et mise en paiement. Quand les décomptes sont signés, nous transmettons les quantités des travaux validés aux sous-traitants pour préparer leurs décomptes également.

II-2 Rédaction des rapports mensuels d'avancement des travaux

Tous les débuts de mois, une réunion de coordination des travaux se tient avec le Maître d'Ouvrage, la Mission de Contrôle, la SEEN et bien entendu avec FORACO. Ces réunions ont pour Ordre du jour en général l'état d'avancement des travaux dans l'ensemble, les difficultés rencontrées dans l'exécution des travaux, les éventuelles solutions et le planning pour la suite des travaux. A la suite de chaque réunion, un rapport est rédigé. Il s'agit de faire ressortir les volumes des travaux réalisés au cours du mois par centre, les difficultés rencontrées et les solutions proposées et enfin faire une perspective pour le mois suivant.

CONCLUSION

La vérification des quantités définies dans les études techniques d'Avant-Projet Détaillé et celles à réaliser ont été comparées au cours de cette étude. L'étude a porté sur les besoins en eau de la population à l'horizon 2025, la capacité de production d'eau des ouvrages en place, la capacité du stockage et le dimensionnement du réseau de distribution.

Après avoir pris connaissance du rapport d'APD, nous avons effectué des visites de terrains sur les sites afin de mieux quantifier les travaux à réaliser. Nous sommes arrivés aux résultats suivants :

- les besoins en eau des populations, à l'horizon 2025, sont de **1589 m³/j** au lieu de de **2964 m³/j** comme indiqué dans l'APD ;
- la capacité de production actuelle des cinq forages en place qui est de **96 m³/h** sera largement suffisant pour couvrir les besoins en eau de la ville jusqu'en 2025 ;
- pour ce qui est du stockage, la capacité du château d'eau de **300 m³** est insuffisante pour supporter la consommation des populations en 2025. Une capacité minimum de **360 m³** serait nécessaire ;
- les pressions de services obtenues avec une simulation sous le logiciel EPANET, avec une côte sous le radier de **7 m**, sont comprises entre **9.85 mCE et 28.70 mCE**. Ces pressions sont suffisantes pour un bon fonctionnement du système d'adduction d'eau de la ville. Un rehaussement de la côte du radier de **7 m à 12 m** n'était donc pas nécessaire qui a donné des pressions comprises entre **14.74 mCE et 33.70 mCE**.

L'approvisionnement en eau potable étant un critère de bien-être et de développement des populations, nous ne nous sommes pas contentés de la simple vérification des quantités des travaux soumis à notre étude, mais nous avons refait presque toute l'étude. Car nous pensons que, ce travail, aussi modeste qu'il soit, peut servir d'outil de référence pour toute étude similaire dans la région ou le département. Cependant nous avons rencontré pas mal de difficultés pour mener à bien cette étude au nombre desquelles le difficile accès aux données des études d'APD ainsi que les données d'exploitation d'eau de la SEEN, l'éloignement de la zone d'étude (767 km de Niamey), allongeant ainsi le temps pour la finalisation du présent rapport.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Au terme de notre étude, nous sommes arrivés à la conclusion que la capacité du château d'eau ne serait pas suffisante pour répondre aux besoins de consommation des populations à l'horizon du projet. Par conséquent, nous recommandons donc la réhabilitation du château existant afin de palier à cette insuffisante.

Au regard des actes de vandalismes à l'encontre de nos matériels par certaines personnes lors des travaux d'exécution, une sensibilisation de la population sur l'importance des ouvrages exécutés et l'utilisation responsable de l'eau potable, garantirait la pérennité de tout le système mis en place.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bureau d'Etudes Techniques, d'Assistance et de Surveillance (BETAS). 2013. *Etudes Techniques, Contrôle et Surveillance des travaux de Renforcement et d'Extension du Système d'AEP de 18 centres: Rapport APD.* Niamey : BETAS, 2013.

Denis, Zougrana. 2008. *Cours d'Approvisionnement en Eau Potable.* Ouagadougou : 2iE, 2008.

2009. Foraco le quatrième groupe mondial de forage. *Le journal des entreprises.* [En ligne] 04 Septembre 2009. [Citation : 09 Novembre 2015.] ♣

<http://www.lejournaldesentreprises.com/editions/13/actualite/entreprise-du-mois/foraco-le-quatrieme-groupe-mondial-de-forage-04-09-2009-75356.php>.

Lamine, Mar Amadou. 2003. *Cours d'Hydraulique-T1: Ecoulement en Charge s.l.* Ouagadougou : EIR-ETSHER, 2003.

Ministère de l'Eau et de l'Assainissement. 2008. *Schéma Directeur de l'Hydraulique Urbaine (SDHU).* Niamey : MEA, 2008.

Ministère du Plan, de l'Aménagement du Territoire et du Développement Communautaire du Niger. 2012. *Plan Communal de Développement de la ville de Dakoro.* Niamey : MPATDC, 2012.

Ouédraogo, Bega Urbain. 2005. *Ouvrages constitutifs des systèmes d'AEP.* Ouagadougou : 2iE, 2005.

Rossman, Lewis A. 2003. *Manuel d'utilisation du logiciel Epanet version française.* Cincinnati : U.S Environmental Protection Agency, 2003.

SOUMAILA, Laouali. 2002. Mémoire Online. *Contribution à l'audit environnemental et social du projet participatif et décentralisé de sécurité alimentaire dans les communes rurales de Birnin Lallé et Ajekoria (Dakoro/Maradi/République du Niger).* [En ligne] 10 Novembre 2002. [Citation : 12 Novembre 2015.] ♣ http://www.memoireonline.com/10/11/4910/m_Contribution--laudit-environnemental-et-social-du-projet-participatif-et-decentralise-de-sec8.html,

Statistique, Institut National de la. 2014. *Le Niger en Chiffre .* Niamey : INS, 2014.

Yonaba, Roland. 2014. *Hydraulique en charge. Ecoulement en Régime Permanent des Fluides Incompressibles.* Ouagadougou : 2iE, 2014.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Evolution démographique de la population

ANNEXE 2 : Le réseau d'AEP de la ville de Dakoro

ANNEXE 3 : Note de calcul de la fondation du château d'eau

ANNEXE 4 : Plan d'équipement du château d'eau

ANNEXE 5 : Plan de coupe de la fondation

ANNEXE 6 : Plan de ferrailage de la fondation

ANNEXE 7 : Détail d'ancrage

ANNEXE 8 : Plan de coffrage de la fondation

ANNEXE 9 : Rapport de simulation du réseau sous EPANET avec le château existant

ANNEXE 10 : Rapport de simulation du réseau sous EPANET avec le nouveau château

ANNEXE 1 : Evolution démographique de la population et les besoins en eau jusqu'en 2025

Désignation	Unité	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Population totale	U	23 310	24 172	25 067	25 994	26 956	27 953	28 988	30 060	31 173	32 326	33 522	34 762	36 049	37 382
Taux de desserte	%	62	62	64	65	70	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Population desservie	U	14452	14987	16043	16896	18869	20127	21161	22245	23379	24568	25812	27115	28478	29906
Taux de desserte forages	%														
Taux de desserte BP	%	34	34	35	35	36	38	38	39	40	42	44	46	48	50
Taux de desserte BF	%	56	56	55	55	54	52	52	51	50	48	46	44	42	40
Population desservie par BP	U	4914	5096	5615	5914	6793	7648	8041	8675	9352	10318	11357	12473	13670	14953
Population desservie par BF	U	8093	8393	8824	9293	10189	10466	11004	11345	11690	11793	11873	11930	11961	11962
Consommation moyenne spécifique BF	l/hab/j	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Consommation moyenne spécifique BP	l/hab/j	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Consommation moyenne par jour BP	m ³ /j	246	255	281	296	340	382	402	434	468	516	568	624	683	748
Consommation moyenne par jour BF	m ³ /j	202	210	221	232	255	262	275	284	292	295	297	298	299	299
Autres consommations (10%)	m ³ /j	45	46	50	53	59	64	68	72	76	81	86	92	98	105
Consommation moyenne journalière	m ³ /j	493	511	551	581	654	708	745	789	836	892	951	1014	1081	1151
Perte	%	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Production moyenne par jour	m ³ /j	567	588	634	668	752	815	857	907	961	1026	1094	1166	1243	1324
Production moyenne par an	m ³ /an	206861	214515	231480	243795	274441	297373	312659	331237	350833	374336	399254	425663	453646	483290
Production moyenne par an de la SEEN	m ³ /an	257 626	276433	296612	318265	341498	366428	393177	421879	452676	485721	521179	559225	600048	643852
Consommation moyenne par an	m ³ /an	179879	186535	201287	211996	238645	258585	271877	288032	305072	325510	347177	370141	394475	420252

ANNEXE 2 : Le réseau d'AEP de la ville de Dakoro

ANNEXE 3 : Note de calcul de la fondation du château d'eau

I Hypothèses de calcul

1. Règles de calcul utilisées

- BAEL 91 MODIFIE 99 ;
- NV 65.

2. Caractéristiques du matériau

❖ Béton

- $F_{c28} = 20 \text{ MPa}$;
- $\gamma_b = 1.50$
- Le poids volumique du béton est de 25 KN/m^3 .

❖ Enrobage

- Poteau 2.5 cm ;
- Semelles 3cm ;
- Fissuration est considérée peu préjudiciable.

❖ Acier

- $f_e E400$;
- $\gamma_s = 1.15$.

❖ Sol

- La contrainte admissible du sol est de 3.58 bars ;
- Le poids volumique du sol est de 20 KN/m^3 .

3. Le vent

- Site exposé ;
- Pression dynamique de base normale $q_n = 90 \text{ daN/m}^2$;
- Vitesse maximale du vent 150 Km/h.

II Calcul des charges

1. La charge permanente

La charge permanente G du château d'eau est composée du poids à vide de la cuve P1, du poids de la charpente et celui de l'échelle P2.

$P1 = 10T = 10000 \text{ daN}$; $P2 = 35T = 35000 \text{ daN}$. Soit $G = 45000 \text{ daN}$.

2. La charge d'exploitation

La charge d'exploitation Q quant à elle est composée uniquement que du poids de dans le château. $Q = 334m^3 = 334T = 334000 \text{ daN}$.

3. Charge totale du château à l'ELS

$N_s = G + Q$, soit $N_s = 379000 \text{ daN}$.

4. Charge totale du château à l'ELU

$N_u = 1.35xG + 1.5xQ$, soit $N_u = 561750 \text{ daN}$.

5. Les charges supportées par chaque semelle

Le château sera supporté par neuf semelles isolées, chacune recevra alors les efforts suivants : $N_u/9$, soit $N_u = 62416.66 \text{ daN}$.

$N_s/9$, soit $N_s = 42111.11 \text{ daN}$.

III Dimensionnement de la fondation

1. Le poteau

Le poteau sera carré de 80 cm de côté. Tout comme la semelle, il reçoit un effort de $N_u = 62416.66 \text{ daN}$.

Les armatures longitudinales

$A_{sc} \geq \left(\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r * f_{c28}}{0.9 * \gamma_b} \right) * \frac{\gamma_s}{f_e}$, $A_{sc} \geq -0.021 \text{ cm}^2$. La section d'acier sera alors la section d'acier minimale A_{min} .

Calcul de la section d'acier minimale A_{min}

$A_{min} = \max(4 * u; \frac{0.2B}{100})$ avec u le périmètre du poteau et B la surface.

$A_{min} = \max(12.8 ; 12.8) = 12.8 \text{ cm}^2$. $A_{sc} = A_{min} = 12.8 \text{ cm}^2$.

On retiendra 12HA12 totalisant 13.56 cm^2 de section totale.

Les armatures transversales

Nous retenons également des HA12 pour les aciers transversaux avec un espacement de 15 cm.

2. La semelle

a. Pré dimensionnement

Tout comme le poteau, la semelle sera de section carrée pour le respect de la condition d'homothétie. Toutes les neuf semelles sont identiques.

$$S = B^2 \text{ et } S \geq \frac{N_s}{\sigma_{sol}},$$

$$B^2 \geq \frac{N_s}{\sigma_{sol}}. \text{ Donc } B \geq \sqrt{\frac{N_s}{\sigma_{sol}}} = \sqrt{\frac{0.421}{0.358}}$$

$B \geq 1.08$ m. On retiendra donc $B = 1.20$ m.

La hauteur utile d et la hauteur de la semelle H . $H = d + 5$ cm, avec $\frac{A-a}{4} \leq d \leq A - a$. On a $0.1 \leq d \leq 0.4$. On prendra $d = 0.25$ m et $H = 0.30$ m.

b. Dimensionnement de la semelle

Vérification de la condition de non poinçonnement.

Le poids propre de la semelle $P1 = 1.2 \times 1.2 \times 0.3 \times 25 = 1080$ daN.

Le poids propre du poteau $P2 = 0.8 \times 0.8 \times 1.2 \times 25 = 1920$ daN.

Le poids du sol sur la semelle $P3 = 0.4 \times 0.4 \times 1.2 \times 20 = 384$ daN.

Le poids $G = 5000 + 1080 + 1920 + 384 = 8384$ daN et le poids $Q = 37111.11$ daN.

La charge à considérer par mètre carré de semelle comme réaction du sol est de :

$$G = 8384/1.44 = 58.22 \text{ KN/m}^2 \text{ et } Q = 37111.11/1.44 = 257.71 \text{ KN/m}^2.$$

La contrainte du sol vaut alors : $\sigma_{sol} = 58.22 + 257.71 = 315.93 \text{ KN/m}^2 = \mathbf{3.159 \text{ bars}}$.

La contrainte du sol de 3.159 bars est inférieure à la contrainte admissible du sol qui est de 3.58 bars. **Donc la condition de non poinçonnement est vérifiée.**

c. Calcul des armatures.

$$A_{st} = \frac{Nu \times (A-a)}{8 \times d \times f_{su}} = \frac{0.62 \times (1.2 - 0.8)}{8 \times 0.25 \times \frac{400}{1.15}}$$

$A_{st} = 3.59 \text{ cm}^2$. On choisira donc 8 HA 12 pour une section totale de 9.05 cm^2 avec un espacement de 15 cm pour chaque nappe (supérieure et inférieure). Des longrines seront prévues pour relier les semelles entre elles afin de bien consolider la structure.

3. Stabilité d'ensemble de la structure

On fait l'hypothèse que le réservoir est vide et le vent est maximal.

La charge du vent

$$P = q_v * c_f * c_g * c_e \quad \text{avec}$$

P : pression due au vent ;

q_v : Pression dynamique normale ;

c_e, c_g, c_f coefficients de correction dont les valeurs sont :

$$c_g = 2$$

$c_f = 0.6$ pour la cuve

$c_f = 0.65$ pour les supports (charpente)

$c_e = \left(\frac{z}{10}\right)^{0.28}$, $z = 18.825 \text{ m}$ pour la cuve et $z = 12 \text{ m}$ pour les supports. On trouve $C_e = 1.19$ pour la cuve et 1.05 pour les supports.

Détermination de la pression dynamique q_v

$$q_v = q_{10} * K_s * K_h * c * \delta \quad \text{avec}$$

q_v : Pression dynamique normale

q_{10} : la pression dynamique de base normale $q_{10} = 90 \text{ daN/m}^2 = 0.90 \text{ KN/m}^2$

K_s : le coefficient d'exposition du site, $K_s = 1.2$

$$K_h = 2.5 * \frac{H+18}{H+60}$$

H=18.825 m pour la cuve donc $K_h=1.17$.

H=12 m pour les supports donc $K_h=1.04$.

δ coefficient de réduction dimensionnelle

La plus grande dimension de la surface du château offerte au vent est de 18.825 m par projection de H sur l'abaque (NV65), on obtient $\delta = 0.770$.

Coefficient de forme C

L'action du vent est étudiée pour la stabilité d'ensemble du château quand celui-ci est vide, d'où $C=1.3$.

On obtient donc $q_v= 1.26 \text{ KN/m}^2$ pour la cuve et $q_v= 1.12 \text{ KN/m}^2$ pour les supports.

On obtient alors :

pour la cuve $P_1 = 1.26 * 0.6 * 2 * 1.19 = 1.8 \text{ KN/m}$ et

pour les supports $P_2 = 1.12 * 0.65 * 2 * 1.05 = 1.52 \text{ KN/m}$.

Les différentes surfaces exposées au vent en m^2 sont :

Surfaces exposées	Valeurs (m^2)
Cuve cylindrique S1	54.6
Supports (charpente) S2	9.72

Etude de la stabilité du réservoir

Le moment renversant MR

$MR = (P_1 \times H_1 \times S_1 + P_2 \times H_2 \times S_2)$ avec $H_1=18.825 \text{ m}$ et $H_2= 12 \text{ m}$

$MR = (1.8 \times 18.825 \times 54.6 + 1.52 \times 12 \times 9.72)$

$MR= 2027.41 \text{ KN.m}$

Le moment stabilisant MS

$MS = P \times R$ avec P le poids total du château à vide et R le rayon à la base $R = 4.10$ m

$$MS = 754.56 \times 4.10$$

$$MS = 3093.696 \text{ KN.m}$$

$$\frac{MS}{MS} = 1.52 > 1.5, \text{ donc le château est stable au renversement.}$$

ANNEXE 4 : Plan d'équipement du château d'eau



Figure 5: Le nouveau château mis en place

ANNEXE 5 : Plan de coupe de la fondation du château d'eau

ANNEXE 6 : Plan de ferrailage de la fondation du château d'eau



Figure 6: Ferrailage de la fondation du château



Figure 7: La mise en œuvre de la fondation du château

ANNEXE 7 : Détail d'ancrage

ANNEXE 8 : Plan de coffrage de la fondation du château d'eau

ANNEXE 9 : Rapport de simulation du réseau sous EPANET avec le château existant

Etat des nœuds à l'heure de la simulation

Node ID	Demande (m3/h)	Charge (m)	Pression (mCE)
Junc N1	0.35	109.52	10.88
Junc N2	0.35	109.52	11.26
Junc N3	0.35	109.52	10.68
Junc N4	0.35	109.51	11.44
Junc N5	0.35	109.51	11.44
Junc N6	0.35	109.51	11.64
Junc N7	0.35	109.47	9.84
Junc N8	0.35	109.47	10.72
Junc N9	0.35	109.46	12.58
Junc N10	0.35	109.43	13.00
Junc N11	0.35	109.40	11.62
Junc N12	0.35	109.38	10.75
Junc N13	0.35	109.38	10.75
Junc N14	0.35	109.37	10.56
Junc N15	0.35	109.37	10.45
Junc N16	0.35	109.37	9.74
Junc N17	0.35	109.40	11.37
Junc N18	0.35	109.37	11.32
Junc N19	0.35	109.35	11.55
Junc N20	0.35	109.35	11.52
Junc N21	0.35	109.35	11.77
Junc N22	0.35	109.35	14.16
Junc N23	0.35	109.44	15.53
Junc N24	0.35	109.42	18.01
Junc N25	0.35	109.43	18.19
Junc N26	0.35	109.46	16.15
Junc N27	0.35	109.48	19.41
Junc N28	0.35	109.44	17.69
Junc N29	0.35	109.44	15.95
Junc N30	0.35	109.43	16.37
Junc N31	0.35	109.42	18.97
Junc N32	0.35	109.44	19.47
Junc N33	0.35	109.44	20.10
Junc N34	0.35	109.44	20.16
Junc N35	0.35	109.44	20.27
Junc N36	0.35	109.45	20.28
Junc N37	0.35	109.47	21.07
Junc N38	0.35	109.53	20.47
Junc N39	0.35	109.53	20.08
Junc N40	0.35	109.60	20.80

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Junc N41	0.35	109.54	12.39
Junc N42	0.35	109.55	11.72
Junc N43	0.35	109.57	11.35
Junc N44	0.35	109.58	11.61
Junc N45	0.35	109.59	11.52
Junc N46	0.35	109.61	11.32
Junc N47	0.35	109.60	10.83
Junc N48	0.35	109.60	11.88
Junc N49	0.35	109.60	16.22
Junc N50	0.35	109.60	16.50
Junc N51	0.35	109.64	24.38
Junc N52	0.35	109.63	23.81
Junc N53	0.35	109.63	23.81
Junc N54	0.35	109.62	24.18
Junc N55	0.35	109.55	23.81
Junc N56	0.35	109.53	25.38
Junc N57	0.35	109.49	26.06
Junc N58	0.35	109.52	28.57
Junc N59	0.35	109.59	21.47
Junc N60	0.35	109.47	22.97
Junc N61	0.35	109.44	22.94
Junc N62	0.35	109.44	23.63
Junc N63	0.35	109.51	23.15
Junc N64	0.35	109.45	24.05
Junc N65	0.35	109.45	23.88
Junc N66	0.35	109.42	26.01
Junc N67	0.35	109.42	27.03
Junc N68	0.35	109.50	22.57
Junc N69	0.35	109.26	27.65
Junc N70	0.35	109.26	27.63
Junc N71	0.35	109.23	27.62
Junc N72	0.35	109.19	26.58
Junc N73	0.35	109.19	27.69
Junc N74	0.35	109.19	23.99
Junc N75	0.35	109.19	26.42
Junc N76	0.35	109.20	26.43
Junc N77	0.65	109.21	26.13
Junc N78	0.65	109.21	26.05
Junc N79	0.35	109.24	25.18
Junc N80	0.35	109.30	23.94
Junc N81	0.35	109.23	23.21
Junc N82	0.35	109.19	24.50
Junc N83	0.35	109.19	24.26
Junc N84	0.35	109.17	26.09
Junc N85	0.35	109.17	27.39

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Junc N86	0.35	109.17	24.99
Junc N87	0.35	109.42	26.43
Junc N88	0.35	109.42	24.39
Junc N89	0.35	109.42	17.98
Junc N90	0.35	109.42	21.80
Junc N91	0.35	109.45	17.53
Junc N92	0.35	109.45	15.82
Junc N93	0.35	109.45	16.19
Junc N94	0.35	109.43	16.72
Junc N95	0.35	109.41	24.61
Junc N96	0.35	109.41	22.99
Junc N97	0.35	109.42	17.39
Junc N98	0.35	109.42	23.59
Junc N99	0.35	109.42	18.34
Junc N100	0.35	109.49	21.75
Junc N101	0.35	109.50	22.57
Junc N102	0.35	109.66	24.56
Junc N103	0.35	109.48	24.23
Junc N104	0.35	109.66	24.30
Junc N105	0.35	109.66	24.34
Junc N106	0.35	109.68	23.25
Junc N107	0.35	109.71	21.99
Junc N108	0.35	109.70	23.96
Junc N109	0.35	109.68	24.82
Junc N110	0.35	109.65	24.28
Junc N111	0.35	109.64	24.56
Junc N112	0.35	109.84	17.62
Junc N113	0.35	109.82	19.05
Junc N114	0.35	109.78	18.82
Junc N115	0.35	109.72	19.57
Junc N116	0.35	109.68	21.51
Junc N117	0.35	109.65	22.95
Junc N118	0.35	109.61	23.21
Junc N119	0.35	109.60	23.47
Junc N120	0.35	110.03	12.77
Junc N121	0.35	109.96	14.65
Junc N122	0.35	109.92	15.31
Junc N123	0.35	109.71	10.78
Junc N124	0.35	109.95	12.80
Junc N125	0.35	109.87	15.99
Junc N126	0.35	109.74	18.05
Junc N127	0.35	109.69	18.51
Junc N128	0.35	109.66	20.96
Junc N129	0.35	109.70	15.29
Junc N130	0.35	109.64	18.25

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Junc N131	0.35	109.64	19.20
Junc N132	0.35	109.79	10.94
Junc N133	0.35	110.14	9.85
Junc N134	0.35	110.03	9.88
Junc N135	0.35	109.88	11.52
Junc N136	0.35	109.72	13.95
Junc N137	0.35	109.64	16.56
Junc N138	0.35	109.59	24.03
Junc N139	0.35	109.57	24.18
Junc N140	0.35	109.54	25.18
Junc N141	0.35	109.53	23.57
Junc N142	0.35	109.63	13.72
Junc N143	0.35	109.63	12.31
Junc N144	0.35	109.87	11.71
Junc N145	0.35	109.87	11.05
Junc N146	0.35	110.02	10.10
Junc N147	0.35	110.27	10.26
Junc N149	0.35	110.27	10.07
Junc N150	0.35	109.62	23.22
Junc N151	0.35	109.61	22.62
Junc N152	0.35	109.60	23.09
Junc N153	0.35	109.59	22.95
Junc N154	0.35	109.59	21.82
Junc N155	0.35	109.59	28.26
Junc N156	0.35	109.59	28.26
Junc N157	0.35	109.59	28.70
Junc N158	0.35	109.59	28.47
Junc N159	0.35	109.59	28.47
Junc N160	0.35	109.59	28.47
Junc N161	0.35	109.43	19.97
Junc N162	0.35	109.42	24.92
Junc N163	0.35	109.42	26.39
Junc N164	0.35	109.42	23.90
Junc N165	0.35	109.46	14.77
Junc N166	0.35	109.55	14.06
Junc N167	0.35	109.55	13.21
Junc N168	0.35	109.54	13.89
Junc N169	0.35	109.54	13.56
Junc N170	0.35	109.63	11.00
Junc N171	0.35	109.46	14.93
Junc N172	0.35	109.40	13.75
Junc N173	0.35	109.38	10.75
Junc N174	0.35	109.40	11.37
Junc N175	0.35	109.71	21.99
Junc N176	0.35	109.44	18.60

Junc N177	0.35	109.44	19.71
Junc N178	0.35	109.45	20.59
Junc N179	0.35	109.42	19.96
Junc N180	0.35	109.87	15.42
Junc N181	0.35	109.56	20.04
Junc N182	0.35	109.56	19.64
Junc N183	0.35	109.58	22.06
Junc N184	0.35	109.59	23.34
Junc N185	0.35	109.73	11.26
Junc N186	0.35	109.69	17.20
Junc N187	0.35	109.69	23.97
Junc N188	0.35	109.62	24.18
Junc N189	0.35	109.59	21.33
Junc N190	0.35	109.58	21.30
Tank SG1	-66.75	110.30	3.00

Etat des conduites à l'heure de la simulation

Link ID	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (m ³ /h)	Vitesse (m/s)	Pertes de charge unitaire (m/km)
Pipe P1	119.25	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P2	84.78	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P3	176.55	63	0.43	0.04	0.04
Pipe P4	75.92	63	-1.48	0.13	0.38
Pipe P5	52.61	63	0.08	0.01	0.00
Pipe P6	173.68	63	-0.27	0.02	0.02
Pipe P7	75.14	63	1.93	0.17	0.61
Pipe P8	142.85	90	3.94	0.17	0.41
Pipe P9	94.39	90	-6.49	0.28	1.02
Pipe P10	64.02	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P11	144.32	63	1.23	0.11	0.27
Pipe P12	75.60	90	3.64	0.16	0.35
Pipe P13	120.58	90	-0.05	0.00	0.00
Pipe P14	53.75	90	4.52	0.20	0.52
Pipe P15	63.73	63	1.30	0.12	0.29
Pipe P16	22.89	90	2.88	0.13	0.23
Pipe P17	24.70	63	0.95	0.08	0.16
Pipe P18	8.73	63	0.60	0.05	0.07
Pipe P19	100.67	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P20	75.93	63	-0.34	0.03	0.03
Pipe P21	142.30	63	0.25	0.02	0.01
Pipe P22	90.62	63	-0.61	0.05	0.07

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P23	50.58	63	-0.69	0.06	0.09
Pipe P24	109.48	63	-0.38	0.03	0.03
Pipe P25	4.18	63	0.03	0.00	0.00
Pipe P26	48.10	63	1.40	0.12	0.34
Pipe P27	69.44	63	-1.50	0.13	0.39
Pipe P28	43.39	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P29	245.60	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P30	44.49	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P31	88.57	90	-0.35	0.02	0.00
Pipe P32	83.71	63	-1.08	0.10	0.21
Pipe P33	170.47	63	0.73	0.06	0.10
Pipe P34	71.38	63	-1.43	0.13	0.35
Pipe P35	115.90	90	-2.53	0.11	0.18
Pipe P36	174.25	90	0.75	0.03	0.02
Pipe P37	214.27	90	2.44	0.11	0.17
Pipe P38	203.90	90	-5.32	0.23	0.71
Pipe P39	82.44	90	1.40	0.06	0.06
Pipe P40	98.63	90	0.69	0.03	0.02
Pipe P41	91.70	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P42	456.81	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P43	137.49	90	-0.01	0.00	0.00
Pipe P44	426.67	90	-0.34	0.01	0.00
Pipe P45	101.62	90	-0.36	0.02	0.00
Pipe P46	95.41	90	-0.71	0.03	0.02
Pipe P47	38.83	90	-1.06	0.05	0.04
Pipe P48	592.23	63	0.44	0.04	0.04
Pipe P49	25.46	90	-1.85	0.08	0.10
Pipe P50	136.30	90	-4.21	0.18	0.46
Pipe P51	601.66	63	0.62	0.06	0.08
Pipe P52	73.56	90	3.24	0.14	0.28
Pipe P53	202.18	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P54	104.86	90	-4.91	0.21	0.61
Pipe P55	132.32	200	7.92	0.07	0.03
Pipe P56	117.52	200	-13.18	0.12	0.08
Pipe P57	113.55	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P58	185.08	90	-1.94	0.08	0.11
Pipe P59	77.46	63	-0.24	0.02	0.01
Pipe P60	88.27	90	-2.29	0.10	0.15
Pipe P61	67.87	90	-2.64	0.12	0.19
Pipe P62	69.80	90	-2.99	0.13	0.24
Pipe P63	148.10	63	0.54	0.05	0.06
Pipe P64	71.49	90	-10.37	0.45	2.44
Pipe P65	120.82	57	0.19	0.02	0.01
Pipe P66	176.05	63	-0.16	0.01	0.01
Pipe P67	14.79	63	0.35	0.03	0.03

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P68	308.57	63	-0.86	0.08	0.14
Pipe P69	77.05	200	22.98	0.20	0.22
Pipe P70	158.26	200	-24.19	0.21	0.24
Pipe P71	3.60	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P72	112.70	63	2.03	0.18	0.68
Pipe P73	14.83	200	20.25	0.18	0.17
Pipe P74	1.20	63	-0.35	0.03	0.02
Pipe P75	85.06	63	1.13	0.10	0.23
Pipe P76	437.42	63	0.55	0.05	0.06
Pipe P77	392.58	63	0.78	0.07	0.11
Pipe P78	80.67	90	-4.27	0.19	0.47
Pipe P79	82.75	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P80	90.18	90	3.65	0.16	0.35
Pipe P81	132.88	90	-4.42	0.19	0.50
Pipe P82	470.48	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P83	270.05	200	2.80	0.02	0.00
Pipe P84	12.92	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P85	158.94	57	0.70	0.08	0.16
Pipe P86	219.71	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P87	235.26	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P88	143.26	90	2.95	0.13	0.24
Pipe P89	62.65	90	-0.35	0.02	0.00
Pipe P90	249.72	63	1.97	0.18	0.64
Pipe P91	156.76	90	0.27	0.01	0.00
Pipe P92	63.20	90	3.14	0.14	0.27
Pipe P93	5.32	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P94	390.09	90	-3.84	0.17	0.39
Pipe P95	57.53	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P96	94.98	63	1.27	0.11	0.28
Pipe P97	246.90	63	0.92	0.08	0.16
Pipe P98	35.08	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P99	81.89	63	0.22	0.02	0.01
Pipe P100	31.45	63	-0.13	0.01	0.00
Pipe P101	112.44	63	-0.48	0.04	0.05
Pipe P102	87.08	63	-0.83	0.07	0.13
Pipe P103	8.25	57	0.65	0.07	0.14
Pipe P104	37.08	63	-2.13	0.19	0.74
Pipe P105	63.95	63	-2.48	0.22	0.98
Pipe P106	102.52	63	2.10	0.19	0.72
Pipe P107	202.51	90	-4.93	0.22	0.61
Pipe P108	69.13	63	1.75	0.16	0.51
Pipe P109	39.40	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P110	84.99	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P111	68.44	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P112	163.97	63	0.35	0.03	0.03

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P113	236.47	90	-0.08	0.00	0.00
Pipe P114	211.21	90	-0.78	0.03	0.02
Pipe P115	69.94	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P116	24.55	90	-6.05	0.26	0.90
Pipe P117	86.94	90	0.36	0.02	0.00
Pipe P118	502.46	110	-6.76	0.20	0.41
Pipe P119	96.21	90	0.01	0.00	0.00
Pipe P120	144.87	90	2.10	0.09	0.13
Pipe P121	242.64	90	-2.44	0.11	0.17
Pipe P122	202.03	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P123	168.08	90	1.05	0.05	0.04
Pipe P124	53.49	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P125	158.03	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P126	243.98	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P127	250.14	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P128	22.78	160	-10.95	0.15	0.16
Pipe P129	59.00	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P130	125.32	160	-11.65	0.16	0.18
Pipe P131	64.46	200	-36.19	0.32	0.50
Pipe P132	202.49	200	-36.65	0.32	0.52
Pipe P133	62.95	63	0.11	0.01	0.00
Pipe P134	79.83	63	1.34	0.12	0.31
Pipe P135	216.77	63	-0.68	0.06	0.09
Pipe P136	75.83	63	-1.00	0.09	0.18
Pipe P137	79.75	63	1.35	0.12	0.32
Pipe P138	215.30	63	-0.37	0.03	0.03
Pipe P139	71.07	63	1.08	0.10	0.21
Pipe P140	209.73	63	-0.07	0.01	0.00
Pipe P141	207.40	63	0.73	0.06	0.10
Pipe P142	45.17	200	37.00	0.33	0.53
Pipe P143	102.11	63	1.99	0.18	0.65
Pipe P144	43.91	200	-39.34	0.35	0.59
Pipe P145	78.10	63	2.10	0.19	0.72
Pipe P146	184.78	63	-1.70	0.15	0.49
Pipe P147	227.40	63	1.24	0.11	0.27
Pipe P148	77.15	63	1.72	0.15	0.49
Pipe P149	186.51	63	-0.65	0.06	0.08
Pipe P150	76.45	63	1.55	0.14	0.41
Pipe P151	193.71	63	-0.55	0.05	0.06
Pipe P152	78.63	63	1.64	0.15	0.46
Pipe P153	182.89	63	-0.52	0.05	0.05
Pipe P154	69.78	63	0.97	0.09	0.17
Pipe P155	187.60	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P156	194.88	63	0.62	0.06	0.08
Pipe P157	109.42	90	5.12	0.22	0.66

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P158	132.50	200	40.04	0.35	0.61
Pipe P159	140.13	200	-45.51	0.40	0.77
Pipe P160	77.48	90	4.40	0.19	0.50
Pipe P161	130.49	63	2.05	0.18	0.69
Pipe P162	150.85	63	-1.69	0.15	0.48
Pipe P163	135.83	63	2.94	0.26	1.34
Pipe P164	154.94	63	1.12	0.10	0.22
Pipe P165	122.20	63	-1.05	0.09	0.20
Pipe P166	180.45	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P167	131.02	200	39.69	0.35	0.60
Pipe P168	67.46	63	1.94	0.17	0.62
Pipe P169	80.07	63	1.56	0.14	0.42
Pipe P170	167.06	63	-0.53	0.05	0.06
Pipe P171	183.42	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P172	116.14	63	-0.88	0.08	0.14
Pipe P173	45.61	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P174	114.02	63	0.00	0.00	0.00
Pipe P175	81.25	90	-14.11	0.62	4.31
Pipe P176	233.18	63	1.99	0.18	0.65
Pipe P177	149.25	63	1.40	0.12	0.34
Pipe P178	118.66	90	6.08	0.27	0.91
Pipe P179	84.53	200	-66.05	0.58	1.54
Pipe P180	71.22	63	3.69	0.33	2.05
Pipe P181	155.40	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P182	76.85	63	3.76	0.34	2.12
Pipe P183	98.34	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P184	75.03	63	2.53	0.23	1.02
Pipe P185	153.80	63	1.48	0.13	0.38
Pipe P186	139.88	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P187	67.30	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P188	118.72	63	0.08	0.01	0.00
Pipe P189	379.42	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P190	63.17	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P191	40.01	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P192	49.18	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P193	25.18	200	-0.35	0.00	0.00
Pipe P194	22.03	200	-66.75	0.59	1.57
Pipe P195	69.96	200	13.88	0.12	0.09
Pipe P196	43.73	200	-14.23	0.13	0.09
Pipe P197	128.99	200	13.53	0.12	0.08
Pipe P198	209.97	200	2.45	0.02	0.00
Pipe P199	142.99	200	2.10	0.02	0.00
Pipe P200	7.40	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P201	133.58	200	1.40	0.01	0.00
Pipe P202	24.33	200	1.05	0.01	0.00

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P203	15.59	90	0.35	0.02	0.00
Pipe P204	23.61	200	0.35	0.00	0.00
Pipe P205	242.73	63	-0.69	0.06	0.09
Pipe P206	172.98	63	0.34	0.03	0.02
Pipe P207	79.27	63	0.09	0.01	0.00
Pipe P208	74.73	63	-0.27	0.02	0.02
Pipe P209	184.49	63	0.01	0.00	0.00
Pipe P210	13.53	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P211	107.55	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P212	52.47	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P213	186.43	63	-1.64	0.15	0.46
Pipe P214	17.80	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P215	90.60	63	-1.05	0.09	0.20
Pipe P216	187.06	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P217	74.55	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P218	181.54	63	-0.70	0.06	0.09
Pipe P219	176.60	63	-0.27	0.02	0.02
Pipe P220	299.10	63	0.35	0.03	0.03

ANNEXE 10 : Rapport de simulation du réseau sous EPANET avec le nouveau château

Etat des nœuds au repos

Node ID	Demande (m ³ /h)	Charge (m)	Pression (mCE)
Junc N1	0.35	114.52	15.88
Junc N2	0.35	114.52	16.26
Junc N3	0.35	114.52	15.68
Junc N4	0.35	114.51	16.44
Junc N5	0.35	114.51	16.44
Junc N6	0.35	114.51	16.64
Junc N7	0.35	114.47	14.84
Junc N8	0.35	114.47	15.72
Junc N9	0.35	114.46	17.58
Junc N10	0.35	114.43	18.00
Junc N11	0.35	114.40	16.62
Junc N12	0.35	114.38	15.75
Junc N13	0.35	114.38	15.75
Junc N14	0.35	114.37	15.56
Junc N15	0.35	114.37	15.45
Junc N16	0.35	114.37	14.74
Junc N17	0.35	114.40	16.37
Junc N18	0.35	114.37	16.32

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Junc N19	0.35	114.35	16.55
Junc N20	0.35	114.35	16.52
Junc N21	0.35	114.35	16.77
Junc N22	0.35	114.35	19.16
Junc N23	0.35	114.44	20.53
Junc N24	0.35	114.42	23.01
Junc N25	0.35	114.43	23.19
Junc N26	0.35	114.46	21.15
Junc N27	0.35	114.48	24.41
Junc N28	0.35	114.44	22.69
Junc N29	0.35	114.44	20.95
Junc N30	0.35	114.43	21.37
Junc N31	0.35	114.42	23.97
Junc N32	0.35	114.44	24.47
Junc N33	0.35	114.44	25.10
Junc N34	0.35	114.44	25.16
Junc N35	0.35	114.44	25.27
Junc N36	0.35	114.45	25.28
Junc N37	0.35	114.47	26.07
Junc N38	0.35	114.53	25.47
Junc N39	0.35	114.53	25.08
Junc N40	0.35	114.60	25.80
Junc N41	0.35	114.54	17.39
Junc N42	0.35	114.55	16.72
Junc N43	0.35	114.57	16.35
Junc N44	0.35	114.58	16.61
Junc N45	0.35	114.59	16.52
Junc N46	0.35	114.61	16.32
Junc N47	0.35	114.60	15.83
Junc N48	0.35	114.60	16.88
Junc N49	0.35	114.60	21.22
Junc N50	0.35	114.60	21.50
Junc N51	0.35	114.64	29.38
Junc N52	0.35	114.63	28.81
Junc N53	0.35	114.63	28.81
Junc N54	0.35	114.62	29.18
Junc N55	0.35	114.55	28.81
Junc N56	0.35	114.53	30.38
Junc N57	0.35	114.49	31.06
Junc N58	0.35	114.52	33.57
Junc N59	0.35	114.59	26.47
Junc N60	0.35	114.47	27.97
Junc N61	0.35	114.44	27.94

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Junc N62	0.35	114.44	28.63
Junc N63	0.35	114.51	28.15
Junc N64	0.35	114.45	29.05
Junc N65	0.35	114.45	28.88
Junc N66	0.35	114.42	31.01
Junc N67	0.35	114.42	32.03
Junc N68	0.35	114.50	27.57
Junc N69	0.35	114.26	32.65
Junc N70	0.35	114.26	32.63
Junc N71	0.35	114.23	32.62
Junc N72	0.35	114.19	31.59
Junc N73	0.35	114.19	32.69
Junc N74	0.35	114.19	28.99
Junc N75	0.35	114.19	31.42
Junc N76	0.35	114.20	31.43
Junc N77	0.65	114.21	31.13
Junc N78	0.65	114.21	31.05
Junc N79	0.35	114.24	30.18
Junc N80	0.35	114.30	28.94
Junc N81	0.35	114.23	28.21
Junc N82	0.35	114.19	29.50
Junc N83	0.35	114.19	29.26
Junc N84	0.35	114.17	31.09
Junc N85	0.35	114.17	32.39
Junc N86	0.35	114.17	29.99
Junc N87	0.35	114.42	31.43
Junc N88	0.35	114.42	29.39
Junc N89	0.35	114.42	22.98
Junc N90	0.35	114.42	26.80
Junc N91	0.35	114.45	22.53
Junc N92	0.35	114.45	20.82
Junc N93	0.35	114.45	21.19
Junc N94	0.35	114.43	21.72
Junc N95	0.35	114.41	29.61
Junc N96	0.35	114.41	27.99
Junc N97	0.35	114.42	22.39
Junc N98	0.35	114.42	28.59
Junc N99	0.35	114.42	23.34
Junc N100	0.35	114.49	26.75
Junc N101	0.35	114.50	27.57
Junc N102	0.35	114.66	29.56
Junc N103	0.35	114.48	29.23
Junc N104	0.35	114.66	29.30

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Junc N105	0.35	114.66	29.34
Junc N106	0.35	114.68	28.25
Junc N107	0.35	114.71	26.99
Junc N108	0.35	114.70	28.96
Junc N109	0.35	114.68	29.82
Junc N110	0.35	114.65	29.28
Junc N111	0.35	114.64	29.56
Junc N112	0.35	114.84	22.62
Junc N113	0.35	114.82	24.05
Junc N114	0.35	114.78	23.82
Junc N115	0.35	114.72	24.57
Junc N116	0.35	114.68	26.51
Junc N117	0.35	114.65	27.95
Junc N118	0.35	114.61	28.21
Junc N119	0.35	114.60	28.47
Junc N120	0.35	115.03	17.77
Junc N121	0.35	114.96	19.65
Junc N122	0.35	114.92	20.31
Junc N123	0.35	114.71	15.78
Junc N124	0.35	114.95	17.80
Junc N125	0.35	114.87	20.99
Junc N126	0.35	114.74	23.05
Junc N127	0.35	114.69	23.51
Junc N128	0.35	114.66	25.96
Junc N129	0.35	114.70	20.29
Junc N130	0.35	114.64	23.25
Junc N131	0.35	114.64	24.20
Junc N132	0.35	114.79	15.94
Junc N133	0.35	115.14	14.85
Junc N134	0.35	115.03	14.88
Junc N135	0.35	114.88	16.52
Junc N136	0.35	114.72	18.95
Junc N137	0.35	114.64	21.56
Junc N138	0.35	114.59	29.03
Junc N139	0.35	114.57	29.18
Junc N140	0.35	114.54	30.18
Junc N141	0.35	114.53	28.57
Junc N142	0.35	114.63	18.72
Junc N143	0.35	114.63	17.31
Junc N144	0.35	114.87	16.71
Junc N145	0.35	114.87	16.05
Junc N146	0.35	115.02	15.10
Junc N147	0.35	115.27	15.26

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Junc N149	0.35	115.27	15.07
Junc N150	0.35	114.62	28.22
Junc N151	0.35	114.61	27.62
Junc N152	0.35	114.60	28.09
Junc N153	0.35	114.59	27.95
Junc N154	0.35	114.59	26.82
Junc N155	0.35	114.59	33.26
Junc N156	0.35	114.59	33.26
Junc N157	0.35	114.59	33.70
Junc N158	0.35	114.59	33.47
Junc N159	0.35	114.59	33.47
Junc N160	0.35	114.59	33.47
Junc N161	0.35	114.43	24.97
Junc N162	0.35	114.42	29.92
Junc N163	0.35	114.42	31.39
Junc N164	0.35	114.42	28.90
Junc N165	0.35	114.46	19.77
Junc N166	0.35	114.55	19.06
Junc N167	0.35	114.55	18.21
Junc N168	0.35	114.54	18.89
Junc N169	0.35	114.54	18.56
Junc N170	0.35	114.63	16.00
Junc N171	0.35	114.46	19.93
Junc N172	0.35	114.40	18.75
Junc N173	0.35	114.38	15.75
Junc N174	0.35	114.40	16.37
Junc N175	0.35	114.71	26.99
Junc N176	0.35	114.44	23.60
Junc N177	0.35	114.44	24.71
Junc N178	0.35	114.45	25.59
Junc N179	0.35	114.42	24.96
Junc N180	0.35	114.87	20.42
Junc N181	0.35	114.56	25.04
Junc N182	0.35	114.56	24.64
Junc N183	0.35	114.58	27.06
Junc N184	0.35	114.59	28.34
Junc N185	0.35	114.73	16.26
Junc N186	0.35	114.69	22.20
Junc N187	0.35	114.69	28.97
Junc N188	0.35	114.62	29.18
Junc N189	0.35	114.59	26.33
Junc N190	0.35	114.58	26.30
Tank SG1	-66.75	115.30	3.00

Etat des conduites au repos

Link ID	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (m ³ /h)	Vitesse (m/s)	Pertes de charge unitaire (m/km)
Pipe P1	119.25	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P2	84.78	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P3	176.55	63	0.43	0.04	0.04
Pipe P4	75.92	63	-1.48	0.13	0.38
Pipe P5	52.61	63	0.08	0.01	0.00
Pipe P6	173.68	63	-0.27	0.02	0.02
Pipe P7	75.14	63	1.93	0.17	0.61
Pipe P8	142.85	90	3.94	0.17	0.41
Pipe P9	94.39	90	-6.49	0.28	1.02
Pipe P10	64.02	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P11	144.32	63	1.23	0.11	0.27
Pipe P12	75.60	90	3.64	0.16	0.35
Pipe P13	120.58	90	-0.05	0.00	0.00
Pipe P14	53.75	90	4.52	0.20	0.52
Pipe P15	63.73	63	1.30	0.12	0.29
Pipe P16	22.89	90	2.88	0.13	0.23
Pipe P17	24.70	63	0.95	0.08	0.16
Pipe P18	8.73	63	0.60	0.05	0.07
Pipe P19	100.67	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P20	75.93	63	-0.34	0.03	0.02
Pipe P21	142.30	63	0.25	0.02	0.01
Pipe P22	90.62	63	-0.61	0.05	0.07
Pipe P23	50.58	63	-0.69	0.06	0.09
Pipe P24	109.48	63	-0.38	0.03	0.03
Pipe P25	4.18	63	0.03	0.00	0.00
Pipe P26	48.10	63	1.40	0.12	0.34
Pipe P27	69.44	63	-1.50	0.13	0.39
Pipe P28	43.39	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P29	245.60	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P30	44.49	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P31	88.57	90	-0.35	0.02	0.00
Pipe P32	83.71	63	-1.08	0.10	0.21
Pipe P33	170.47	63	0.73	0.06	0.10
Pipe P34	71.38	63	-1.43	0.13	0.35
Pipe P35	115.90	90	-2.53	0.11	0.18
Pipe P36	174.25	90	0.75	0.03	0.02
Pipe P37	214.27	90	2.44	0.11	0.17
Pipe P38	203.90	90	-5.32	0.23	0.71
Pipe P39	82.44	90	1.40	0.06	0.06
Pipe P40	98.63	90	0.69	0.03	0.02

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P41	91.70	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P42	456.81	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P43	137.49	90	-0.01	0.00	0.00
Pipe P44	426.67	90	-0.34	0.01	0.00
Pipe P45	101.62	90	-0.36	0.02	0.00
Pipe P46	95.41	90	-0.71	0.03	0.02
Pipe P47	38.83	90	-1.06	0.05	0.04
Pipe P48	592.23	63	0.44	0.04	0.04
Pipe P49	25.46	90	-1.85	0.08	0.10
Pipe P50	136.30	90	-4.21	0.18	0.46
Pipe P51	601.66	63	0.62	0.06	0.08
Pipe P52	73.56	90	3.24	0.14	0.28
Pipe P53	202.18	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P54	104.86	90	-4.91	0.21	0.61
Pipe P55	132.32	200	7.92	0.07	0.03
Pipe P56	117.52	200	-13.18	0.12	0.08
Pipe P57	113.55	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P58	185.08	90	-1.94	0.08	0.11
Pipe P59	77.46	63	-0.24	0.02	0.01
Pipe P60	88.27	90	-2.29	0.10	0.15
Pipe P61	67.87	90	-2.64	0.12	0.19
Pipe P62	69.80	90	-2.99	0.13	0.24
Pipe P63	148.10	63	0.54	0.05	0.06
Pipe P64	71.49	90	-10.37	0.45	2.44
Pipe P65	120.82	57	0.19	0.02	0.01
Pipe P66	176.05	63	-0.16	0.01	0.01
Pipe P67	14.79	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P68	308.57	63	-0.86	0.08	0.14
Pipe P69	77.05	200	22.98	0.20	0.22
Pipe P70	158.26	200	-24.19	0.21	0.24
Pipe P71	3.60	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P72	112.70	63	2.03	0.18	0.68
Pipe P73	14.83	200	20.25	0.18	0.17
Pipe P74	1.20	63	-0.35	0.03	0.02
Pipe P75	85.06	63	1.13	0.10	0.23
Pipe P76	437.42	63	0.55	0.05	0.06
Pipe P77	392.58	63	0.78	0.07	0.11
Pipe P78	80.67	90	-4.27	0.19	0.47
Pipe P79	82.75	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P80	90.18	90	3.65	0.16	0.35
Pipe P81	132.88	90	-4.42	0.19	0.50
Pipe P82	470.48	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P83	270.05	200	2.80	0.02	0.00
Pipe P84	12.92	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P85	158.94	57	0.70	0.08	0.16

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P86	219.71	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P87	235.26	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P88	143.26	90	2.95	0.13	0.24
Pipe P89	62.65	90	-0.35	0.02	0.00
Pipe P90	249.72	63	1.97	0.18	0.64
Pipe P91	156.76	90	0.27	0.01	0.00
Pipe P92	63.20	90	3.14	0.14	0.27
Pipe P93	5.32	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P94	390.09	90	-3.84	0.17	0.39
Pipe P95	57.53	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P96	94.98	63	1.27	0.11	0.28
Pipe P97	246.90	63	0.92	0.08	0.16
Pipe P98	35.08	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P99	81.89	63	0.22	0.02	0.01
Pipe P100	31.45	63	-0.13	0.01	0.00
Pipe P101	112.44	63	-0.48	0.04	0.05
Pipe P102	87.08	63	-0.83	0.07	0.13
Pipe P103	8.25	57	0.65	0.07	0.14
Pipe P104	37.08	63	-2.13	0.19	0.74
Pipe P105	63.95	63	-2.48	0.22	0.98
Pipe P106	102.52	63	2.10	0.19	0.72
Pipe P107	202.51	90	-4.93	0.22	0.61
Pipe P108	69.13	63	1.75	0.16	0.51
Pipe P109	39.40	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P110	84.99	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P111	68.44	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P112	163.97	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P113	236.47	90	-0.08	0.00	0.00
Pipe P114	211.21	90	-0.78	0.03	0.02
Pipe P115	69.94	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P116	24.55	90	-6.05	0.26	0.90
Pipe P117	86.94	90	0.36	0.02	0.00
Pipe P118	502.46	110	-6.76	0.20	0.41
Pipe P119	96.21	90	0.01	0.00	0.00
Pipe P120	144.87	90	2.10	0.09	0.13
Pipe P121	242.64	90	-2.44	0.11	0.17
Pipe P122	202.03	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P123	168.08	90	1.05	0.05	0.04
Pipe P124	53.49	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P125	158.03	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P126	243.98	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P127	250.14	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P128	22.78	160	-10.95	0.15	0.16
Pipe P129	59.00	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P130	125.32	160	-11.65	0.16	0.18

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P131	64.46	200	-36.19	0.32	0.50
Pipe P132	202.49	200	-36.65	0.32	0.52
Pipe P133	62.95	63	0.11	0.01	0.00
Pipe P134	79.83	63	1.34	0.12	0.31
Pipe P135	216.77	63	-0.68	0.06	0.09
Pipe P136	75.83	63	-1.00	0.09	0.18
Pipe P137	79.75	63	1.35	0.12	0.32
Pipe P138	215.30	63	-0.37	0.03	0.03
Pipe P139	71.07	63	1.08	0.10	0.21
Pipe P140	209.73	63	-0.07	0.01	0.00
Pipe P141	207.40	63	0.73	0.06	0.10
Pipe P142	45.17	200	37.00	0.33	0.53
Pipe P143	102.11	63	1.99	0.18	0.65
Pipe P144	43.91	200	-39.34	0.35	0.59
Pipe P145	78.10	63	2.10	0.19	0.72
Pipe P146	184.78	63	-1.70	0.15	0.49
Pipe P147	227.40	63	1.24	0.11	0.27
Pipe P148	77.15	63	1.72	0.15	0.49
Pipe P149	186.51	63	-0.65	0.06	0.08
Pipe P150	76.45	63	1.55	0.14	0.41
Pipe P151	193.71	63	-0.55	0.05	0.06
Pipe P152	78.63	63	1.64	0.15	0.46
Pipe P153	182.89	63	-0.52	0.05	0.05
Pipe P154	69.78	63	0.97	0.09	0.17
Pipe P155	187.60	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P156	194.88	63	0.62	0.06	0.08
Pipe P157	109.42	90	5.12	0.22	0.66
Pipe P158	132.50	200	40.04	0.35	0.61
Pipe P159	140.13	200	-45.51	0.40	0.77
Pipe P160	77.48	90	4.40	0.19	0.50
Pipe P161	130.49	63	2.05	0.18	0.69
Pipe P162	150.85	63	-1.69	0.15	0.48
Pipe P163	135.83	63	2.94	0.26	1.34
Pipe P164	154.94	63	1.12	0.10	0.22
Pipe P165	122.20	63	-1.05	0.09	0.20
Pipe P166	180.45	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P167	131.02	200	39.69	0.35	0.60
Pipe P168	67.46	63	1.94	0.17	0.62
Pipe P169	80.07	63	1.56	0.14	0.42
Pipe P170	167.06	63	-0.53	0.05	0.06
Pipe P171	183.42	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P172	116.14	63	-0.88	0.08	0.14
Pipe P173	45.61	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P174	114.02	63	0.00	0.00	0.00
Pipe P175	81.25	90	-14.11	0.62	4.31

Etudes d'exécution des travaux d'extension et de réhabilitation du système d'adduction en eau potable de Dakoro dans la région de Maradi au Niger

Pipe P176	233.18	63	1.99	0.18	0.65
Pipe P177	149.25	63	1.40	0.12	0.34
Pipe P178	118.66	90	6.08	0.27	0.91
Pipe P179	84.53	200	-66.05	0.58	1.54
Pipe P180	71.22	63	3.69	0.33	2.05
Pipe P181	155.40	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P182	76.85	63	3.76	0.34	2.12
Pipe P183	98.34	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P184	75.03	63	2.53	0.23	1.02
Pipe P185	153.80	63	1.48	0.13	0.38
Pipe P186	139.88	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P187	67.30	63	1.05	0.09	0.20
Pipe P188	118.72	63	0.08	0.01	0.00
Pipe P189	379.42	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P190	63.17	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P191	40.01	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P192	49.18	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P193	25.18	200	-0.35	0.00	0.00
Pipe P194	22.03	200	-66.75	0.59	1.57
Pipe P195	69.96	200	13.88	0.12	0.09
Pipe P196	43.73	200	-14.23	0.13	0.09
Pipe P197	128.99	200	13.53	0.12	0.08
Pipe P198	209.97	200	2.45	0.02	0.00
Pipe P199	142.99	200	2.10	0.02	0.00
Pipe P200	7.40	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P201	133.58	200	1.40	0.01	0.00
Pipe P202	24.33	200	1.05	0.01	0.00
Pipe P203	15.59	90	0.35	0.02	0.00
Pipe P204	23.61	200	0.35	0.00	0.00
Pipe P205	242.73	63	-0.69	0.06	0.09
Pipe P206	172.98	63	0.34	0.03	0.02
Pipe P207	79.27	63	0.09	0.01	0.00
Pipe P208	74.73	63	-0.27	0.02	0.02
Pipe P209	184.49	63	0.01	0.00	0.00
Pipe P210	13.53	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P211	107.55	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P212	52.47	63	0.70	0.06	0.09
Pipe P213	186.43	63	-1.64	0.15	0.46
Pipe P214	17.80	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P215	90.60	63	-1.05	0.09	0.20
Pipe P216	187.06	63	-0.35	0.03	0.03
Pipe P217	74.55	63	0.35	0.03	0.03
Pipe P218	181.54	63	-0.70	0.06	0.09
Pipe P219	176.60	63	-0.27	0.02	0.02
Pipe P220	299.10	63	0.35	0.03	0.03

