



REPUBLIQUE DU BENIN

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

ECOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (EPAC)

CENTRE AUTONOME DE PERFECTIONNEMENT (CAP)

MEMOIRE DE FIN DE FORMATION DU SECOND CYCLE POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION GEOMETRE TOPOGRAPHE



Centre Autonome de Perfectionnement

5^{ème} PROMOTION

OPTION : GEOMATIQUE

**THEME : APPROCHE TOPOGRAPHIQUE DANS LA GESTION DES
CONFLITS DES RESEAUX SOUTERRAINS DE L'ASSAINISSEMENT ET
DIVERS DANS LE CADRE DU PROJET DE CONSTRUCTION DE 10 396
LOGEMENTS SOCIAUX A OUEDO, COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI.**

Présenté et soutenu par :

HOUNZANGLI Josué

Sous la direction de :

Dr-Ing DOKO K. Valéry,
Maître de Conférence des Universités du CAMES

Dr-Ing KOSSOUGBETO B. K. Patrick,
Maître-Assistant des Universités du CAMES

Soutenu, le 23/01/2025

SOMMAIRE

SIGLES ET ABBREVIATIONS.....	iii
DEDICACE.....	iv
REMERCIEMENTS.....	v
RESUME.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES ET REVUE DE LITTERATURE	2
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES	32
CHAPITRE III : RESULTATS, ANALYSES ET DISCUSSIONS.....	67
CONCLUSION	93
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	94
WEBOGRAPHIE	95
LISTE DES TABLEAUX.....	96
LISTE DES FIGURES.....	97
LISTE DES PHOTOS.....	99
TABLE DES MATIERES	100

SIGLES ET ABBREVIATIONS

PAG : Plan d'Actions de Gouvernement

MCVDD : Ministère du Cadre de Vie et de Développement Durable

SIMAU : Société Immobilière de l'Aménagement et de l'Urbanisme

MNT : Model Numérique du Terrain

BOAD : Banque Ouest Africaine de Développement

INSAE : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique

VRD : Voirie et Réseaux Divers

AEP : Alimentation en Eau Potable

kVA : kiloVoltAmpère

HT/MT : Haute Tension/Moyenne Tension

BT : Basse Tension

SBEE : Société Béninoise d'Energie Electrique

REMBT : Raccordement Emergent Modulaire Basse Tension

CEDD : Conseil Economique pour le Développement Durable

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique

SITG : Système d'Information du Territoire de Genève

GPS : Système de Positionnement par Satellites

QZSS : Quasi-Zénith Satellite System

RTK : Cinématique Temps Réel

MNT : Modèle Numérique du Terrain

IGN : Institut Géographique National

IMEL : Instrument de Mesure Electronique de Longueurs

CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

PDA : Personal Digital Assistant

CAO : Conception Assisté par Ordinateur

DAO : Dessin Assisté par Ordinateur

SIG : Système d'Information Géographique

DEDICACES

A

- Mon oncle Lucien C. HOUNZANGLI ;
- Mon épouse Elisabeth METAYIN HOUNZANGLI.

REMERCIEMENTS

La rédaction de ce mémoire n'aurait été possible sans l'intervention de certaines personnes. Qu'elles trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements pour leur précieux soutien. Il s'agit de :

- Le Professeur **Guy Alain ALITONOU**, Directeur de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi pour son dévouement à la formation de la relève de qualité ;
- Le Professeur **TCHOBO Fidèle Paul**, Chef du Centre Autonome de Perfectionnement (CAP), pour son temps qu'il nous a accordé en tant que Chef du CAP ;
- **Dr DOKO K. Valéry**, Maître de Conférences des Universités du CAMES, Chef département Génie-Civil, qui, malgré ses multiples occupations, a accepté superviser la rédaction de ce mémoire ;
- Mon Encadreur, **Dr KOSSOUGBETO Briac Kévin Patrick**, Maître-Assistant des Universités du CAMES, Ingénieur Géodésien, Enseignant-Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure des Travaux Publics pour avoir su m'orienter dans la rédaction de ce mémoire ;
- Au **Docteur-Ingénieur en Géodésie DEGBEGNON Léopold**, Maître de Conférences, Géomètre-Expert, Enseignant Chercheur à l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC) et Coordonnateur de la formation des Ingénieurs Géomètres au Centre Autonome de Perfectionnement (CAP) pour sa suivie tout le long de notre formation ;
- L'Ingénieur **EBO Félix Comlan**, Président-Directeur Général de l'Entreprise ASEMI SA pour m'avoir accueilli dans sa structure et de profiter de ce stage ;
- L'Ingénieur **CODJO Gratien**, Directeur Technique de l'Entreprise ASEMI SA pour m'avoir aidé à acquérir des notions dans le domaine de l'électricité et de la télécommunication ;
- L'Ingénieur **MOUZOUN Axel**, Directeur Technique Adjoint ; Responsable Bureau d'Etudes de l'Entreprise ASEMI SA pour m'avoir accompagné dans la rédaction de ce mémoire ;
- L'Ingénieur **CHODATON Hervé Hubert**, pour ses conseils et son soutien dans la rédaction ce mémoire ;

- Le personnel du Centre Autonome de Perfectionnement (CAP) de l'École Polytechnique Abomey-Calavi (EPAC) pour leur abnégation à l'égard de notre promotion ;
- Les enseignants de la formation des ingénieurs de conception géomètre-topographe qui ont veillé pour notre encadrement ;
- Tout le personnel de l'Entreprise ASEMI SA pour leur prompte collaboration durant cette période ;
- A tous mes collègues de la 5^{ème} promotion qui ont rendu cette formation très sympathique ;
- Mon grand frère **HOUNZANGLI S. Crépin**, pour tout le soutien que tu n'as cessé de m'apporter au cours de ma formation. Aucun mot ne pourrait traduire fidèlement les sentiments de fraternité, de reconnaissance indéfectible et de respect que j'ai pour toi;
- **Mes frères, sœurs, oncles, tantes, cousins, cousines, neveux, nièces** pour leurs assistances financières, matériels et prières ;
- **A toute ma famille** pour leur soutien de tous les jours ;
- **À toutes les personnes** qui n'ont pas pu être citées ici et dont les empreintes resteront dans ce travail, pour leurs conseils scientifiques, leurs aides, leurs talents et leurs motivations.

RESUME

Dans le cadre de la réalisation de son Plan d'Actions de Gouvernement (PAG), la République du BENIN a prévu au Pilier 3 d'améliorer les conditions de vie des populations et sur l'axe 7 de procéder au développement équilibré et durable de l'espace National à travers des actions d'amélioration du cadre de vie, de bien-être de tous et de préservation de l'environnement avec le développement de programmes immobiliers d'habitat. Pour parvenir à son rêve, le Ministère du Cadre de Vie et de Développement Durable (MCVDD) à travers la Société Immobilière de l'Aménagement et de l'Urbanisme (SIMAU) a mis en place un programme dénommé '*20 000 logements économiques et sociaux*' qui comprend la construction de 20 000 logements répartis dans 14 villes du BENIN, leur commercialisation ainsi que la gestion de la copropriété des nouveaux espaces de vie. La commune d'Abomey-Calavi précisément l'arrondissement de Ouèdo fait partie de l'une des communes où il sera abrité la construction de 10 396 logements sociaux répartis en 4 lots et 16 îlots sur une superficie de 235 ha. Nous nous intéresserons au lot 4 qui est constitué des îlots 3, 4, 7 et 8. En prélude au projet des logements sociaux il est envisagé le projet de viabilisation primaire du site dont l'objectif est de réaliser des voies d'accès ceinturant toute la zone du projet afin de rendre fluide la circulation dans les différentes voies. Le projet de viabilisation secondaire du projet, consiste à réaliser des voies d'accès aux logements, la mise en place des réseaux de l'assainissement (eaux pluviales et eaux usées), des réseaux électriques (moyenne tension, basse tension, éclairages publics), des réseaux de télécommunications, l'alimentation en eaux potables et la construction des cabines de transformation électriques. Dans l'exécution des travaux, il est observé des conflits entre ces réseaux souterrains qui retiennent particulièrement notre attention. Cette étude est basée sur l'apport de la topographie dans la réalisation de ces différents réseaux et la gestion de leurs conflits.

Pour atteindre ces objectifs, la méthodologie mise en place consiste à utiliser les plans validés du maître d'ouvrage délégué pour en extraire les informations planimétriques et altimétriques, l'utilisation du Model Numérique du Terrain (MNT) précédemment conçu par l'IGN, l'application des normes régissant ces réseaux et l'utilisation du logiciel Mensura Genius pour régler des cas pratiques de conflits.

Mots clés : Copropriété, Topographie, Planimétriques, Altimétriques

ABSTRACT

As part of the implementation of its Government Action Plan (PAG), the republic of BENIN has included in pillar 3 the improvement of the living conditions of its population and in axis 7, the balanced and sustainable development of the National space through actions to improve the living environment, well-being of all and environment preservation, with the development of real estate housing programs. To achieve its dream, the Ministry of Living Environment and Sustainable Development (MCVDD) through the Real Estate Company of Development and Urban Planning (SIMAU) has set up a program called '20,000 economic and social housing ' which includes the construction of 20000 housing units spread across 14 cities in BENIN, their marketing and the management of the co-ownership of new living spaces. The municipality of Abomey-Calavi, precisely the Ouedo district, is part of one of the towns where the construction of 10396 social housing units would be housed distributed in 4 lots and 16 blocks over an area of 235 ha. We will be interested in lot 4 which is made up of blocks 3, 4, 7 and 8. As a prelude to the social housing project, the primary development project for the site is being considered, the objective of which is to create access roads surrounding the entire the project area in order to make traffic flow smoothly in the different lanes. The secondary servicing project of the project consists of creating access roads to housing, the installation of sanitation networks (rainwater and wastewater), electrical networks (medium voltage, low voltage, public lighting), telecommunications networks, drinking water supply and construction of electrical transformation cabins. In the execution of the works, conflicts between these different underground networks have been observed, which particularly draw our attention. This study is based on the contribution of topography in the creation of these different networks and the management of their conflicts.

To achieve these objectives, the methodology implemented consists of using the validated plans of the delegated project owner to extract planimetric and altimetric information, the use of the previously designed Digital Terrain Model (DTM), the application of standards governing these networks and the use of Mensura Genius software to resolve practical cases of conflicts.

Keywords: Condominium, Topography, Planimetric, Altimeric.

INTRODUCTION

Les réseaux souterrains constituent un élément fondamental de l'infrastructure urbaine moderne (Revue des sciences de l'ingénieur, 2015). Essentiels pour la circulation de l'eau potable, des eaux usées, de l'électricité, du gaz, des télécommunications et d'autres services, ils jouent un rôle crucial dans la vie quotidienne des citoyens et dans le développement durable des villes (Mérigot P. 2014). Ces réseaux forment un système complexe, souvent dense, et en constance évolution en raison de l'urbanisation rapide et des progrès technologiques. C'est dans cette perspective que le Gouvernement du Bénin ambitionne d'améliorer le bien-être de tous les béninois et de préserver l'environnement au plan national, avec comme vision un développement inclusif et durable articulé autour de villes résilientes et sûres. L'ambition est de parvenir à un aménagement équilibré du territoire, à l'amélioration progressive mais effective du cadre de vie des populations, dans la promotion d'une gestion rationnelle et durable des ressources naturelles et forestières (PAG, 2017). Pour y parvenir, la gestion et la coordination des réseaux souterrains sont devenues des défis majeurs pour les acteurs impliqués. La coexistence de ces réseaux engendre souvent des conflits d'espace et d'accessibilité. L'organisation de ces réseaux doit tenir compte des contraintes techniques, économiques et environnementales et répondre à des normes de sécurité strictes afin de prévenir les risques de perturbation des services publics et les impacts environnementaux négatifs.

Ce mémoire vise à étudier la gestion des conflits des réseaux souterrains de l'assainissement et divers en s'appuyant sur l'extraction des données de positionnement à travers les plans validés et sur les techniques de relevés topographiques dans le cadre du projet de construction de 10 396 logements sociaux à Ouèdo Commune d'Abomey-Calavi. A travers l'analyse des trois cas pratiques, ce travail cherche à identifier les principales causes des conflits de réseaux souterrains et à proposer des solutions adaptées en utilisant des technologies modernes, notamment le logiciel Mensura Genius. Il est structuré en trois chapitres. Le premier présentera la généralité et la revue de littérature, le deuxième présentera les matériels et méthodes utilisés pour la résolution du problème et le troisième, les résultats, analyses obtenus et la discussion des résultats obtenus.

CHAPITRE I : GENERALITES ET REVUE DE LITTERATURE

I-1 CADRE THEORIQUE DU PROJET

Elle regroupe l'ensemble des questionnements qui ont donné naissance au sujet traité et concerne : le contexte, la justification, la problématique, les hypothèses et les objectifs de l'étude ainsi que la recherche documentaire.

1-1-1 Contexte, Justification et problématique de l'étude

Les villes des pays en développement sont en pleine mutation et se caractérisent par une urbanisation remarquable. Ainsi la forte croissance démographique induit une demande accrue de logements (H. DOSSA, 2013). Le phénomène d'urbanisation se traduit par la multiplication des lieux de concentration humaine (M. AHOUANDJINOU, 2004). Les études nationales des perspectives à long termes révèlent que le Bénin n'échappe pas à ce mouvement d'urbanisation. De moins de 10% en 1960, le taux d'urbanisation est passé à 26,5% en 1979 puis de 35,9% en 1992 à 36,7% en 2002 (PNUD 2000). Il en résulte un accroissement nettement perceptible des surfaces bâties avec un stress permanent d'une part et une spéculation foncière extrêmement forte d'autre part (David KAPLAN, 1989). L'urbanisation extrêmement rapide de la ville de Cotonou, résultat d'une augmentation exponentielle de sa population a engendré une occupation rapide et mal organisée de l'espace. Comme l'espace n'est pas illimitée, l'essor démographique de la ville de Cotonou entraîne aujourd'hui le développement des villes les plus proches dont Abomey-Calavi. La population de la commune d'Abomey-Calavi s'est pratiquement quintuplée entre 1979 et 2002 passant de 60788 habitants en 1979, à 126507 habitants en 1992 et à 307 745 en 2002. Le dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4) réalisé en 2013 estime à 655965 habitants la population actuelle de la commune et ce, en dépit de la baisse du taux de croissance qui est passé de 9,30% entre 1992 et 2002 à 6,96% entre 2002 et 2013. Les projections ont permis d'estimer l'effectif de la population de la Commune d'Abomey-Calavi à 985 538 habitants en 2022, 1 215 286 habitants en 2027 et à 1 498 592 habitants en 2032 selon l'hypothèse moyenne (PDC3 Abomey-Calavi, 2017). Le poids démographique de la commune et sa proximité avec Cotonou, alimentent la pression foncière. Cette dynamique de la population qui engendre l'étalement incontrôlé des habitations a des conséquences sociales et spatiales importantes. En effet, la croissance urbaine de la commune est actuellement mal maîtrisée malgré l'existence de plusieurs plans de planification et d'aménagement. Les opérations de remembrement ont accusé du retard et celles engagées sont empreintes de plusieurs conflits fonciers et ne sont pas toujours faites dans le strict respect des orientations du plan directeur d'aménagement. La commune a cependant

aujourd’hui tous les atouts pour devenir un grand centre urbain et un très grand pool de développement économique pour la zone englobant les communes de Cotonou - Sô-Ava - Allada - Ouidah - Zè - Tori-Bossito. La commune dispose assez d’espaces lui permettant d’envisager ou d’accueillir de grands projets de développement urbains ou d’infrastructures d’envergure régionale, nationale ou internationale. Le projet est d’un montant global de 425 milliards de FCFA devant servir à la viabilisation primaire et la viabilisation secondaire du site. La viabilisation secondaire est un projet dont la consistance est la suivante : l’aménagement de 8 000 mètres linéaires de réseaux de voies ; la réalisation 10 500 mètres linéaire de canaux de drainage en eaux pluviales ; la réalisation de 20 560 mètres linéaire de drainage en eaux usées avec la construction de 32 fosses septiques et 170 puits ; la réalisation de 18 000 mètres linéaire du réseau d’Alimentation en Eau Potable (AEP) avec la construction d’une bâche de 1000 m³ et la construction d’un château de 500m³ d’eaux ; la réalisation de 30 025 mètres linéaire pour le réseau de télécommunication avec la réalisation de 328 chambres télécom et la réalisation de 55 929 mètres linaire du réseau électrique avec la réalisation de 17 cabines de transformations électriques,.

Vu l’envergure du projet, les réseaux souterrains sont essentiels au bon fonctionnement de ce nouveau quartier moderne. Leur planification et leur gestion inadéquates peuvent perturber l’accès aux services essentiels et augmenter le coût du projet. L’utilisation d’outils comme le récepteur GNSS, le niveau automatique et le logiciel Mensura Genius permet d’optimiser les implantations, d’anticiper les conflits et de proposer des solutions adaptées, basées sur des données précises. Ces conflits, résultant souvent d’une mauvaise coordination, d’erreurs dans la conception ou d’un manque de données fiables, impactent négativement les projets. Ils génèrent des retards, des surcoûts, des risques opérationnels et techniques, des problèmes environnementaux et parfois des litiges entre les parties prenantes. Cela soulève une question centrale : Comment peut-on mieux gérer et prévenir les conflits des réseaux souterrains en s’appuyant sur des outils technologiques, des processus de conception optimisés et des études de cas pratiques pour réduire les risques d’interférences ?

La présence de l’Ingénieur Géomètre Topographe s’avère donc indispensable pour la coordination des travaux des réseaux de la voirie et divers ainsi que la gestion des problèmes de conflits entre les différents réseaux en s’appuyant sur les données planimétriques et altimétriques à exploiter et à manipuler tout au long des différentes phases d’exécutions du projet.

1.1.2- Objectif général

L'objectif général de ce travail est l'apport de la topographie dans la réalisation des réseaux souterrains de l'assainissement et les réseaux divers ainsi que la gestion des conflits entre ces réseaux en suivant leur norme de réalisation dans le Lot 4 du projet de la construction des logements sociaux de OUEDO.

1.1.3- Objectifs spécifiques

De façon spécifique il s'agit de :

- Utiliser les plans validés par le maître d'ouvrage délégué pour extraire les coordonnées planimétriques et altimétriques pour les réseaux d'assainissement en s'appuyant sur un MNT précédemment conçu pour les réseaux divers;
- Utiliser un récepteur GNSS pour l'implantation planimétrique des réseaux et un niveau automatique pour l'implantation altimétrique des réseaux ;
- Analyser les causes principales liées aux conflits des réseaux en présentant trois cas pratique de gestion de conflits entre les réseaux en utilisant le logiciel Mensura Genius.

1.1.4- Hypothèse de travail

Dans le cadre du présent travail, les hypothèses de recherche suivantes ont été formulées :

- ✓ Les appareils topographiques utilisés peuvent être à la base des conflits observés ;
- ✓ On suppose que les plans validés présentent parfois des insuffisances ou quelques erreurs en planimétrie et en altimétrie ;
- ✓ On pense que des plans non validés ou en attente de validation sont exécutés par les entreprises de VRD en raisons des urgences des travaux ;
- ✓ La synthèse des réseaux n'a pas été correctement faite en phase d'études ;
- ✓ La mauvaise pose des réseaux après les réceptions topographiques ;
- ✓ Le mauvais récolement des réseaux ;
- ✓ Une planification minutieuse des travaux sur les réseaux semblerait efficace pour réduire les risques de conflits ;
- ✓ Le respect des réglementations en vigueur en matière de travaux sur les réseaux souterrains pourrait être essentiel pour éviter les conflits ;
- ✓ La mise en place d'un système de suivi et évaluation des travaux peut permettre de détecter rapidement les problèmes émergents et d'y apporter des solutions.

1.1.5- Clarification de concepts

- ❖ **Gestion** : Ensemble des activités, des processus et des pratiques visant à organiser, coordonner et superviser les interactions et les interventions nécessaires pour résoudre ou prévenir les conflits entre les différents réseaux souterrains (Henry Fayol, 1916). Cette gestion comprend l'identification des types et les sources de conflits potentiels, la planification des travaux, la coordination entre les parties prenantes, la prise de décision et la mise en œuvre de stratégies pour minimiser les interférences et les impacts négatifs sur les infrastructures souterraines.
- ❖ **Conflit** : Situation de divergence, d'opposition ou d'interférence entre les réseaux souterrains (Louis PONDY, 1967). Ces conflits peuvent survenir lorsque les infrastructures souterraines se croisent, se superposent ou se rapprochent de manière à provoquer des difficultés techniques, des risques de dommages ou des incompatibilités fonctionnelles lors de leur installation, maintenance ou réparation.
- ❖ **Réseaux souterrains** : Ensemble des infrastructures enterrées sous la surface du sol qui assurent le transport et la distribution de divers services essentiels (Merlin P. et Choay F, 2005). Cela inclut les réseaux d'assainissement (canalisations d'eaux pluviales, eaux vannes et usées), ainsi que d'autres types de réseaux tels que ceux de l'eau potable, de l'électricité, du gaz et de la télécommunication.
- ❖ **Assainissement** : Ensemble des infrastructures et des processus dédiés à la collecte, au transport, au traitement et à l'évacuation des eaux pluviales et eaux usées (OMS, 2018). Les réseaux d'assainissement sont composés de canalisations souterraines, de stations de pompage, de stations d'épurations et d'autres installations qui permettent de traiter les eaux pour les rendre conformes aux normes environnementales avant leur rejet dans le milieu naturel.

1.1.6- Démarche méthodologique

Le travail sera organisé en trois grandes parties pour atteindre les objectifs fixés :

- La généralité et la revue de littérature sur la question ;
- Les matériels et méthodes utilisés pour la résolution du problème ;
- Les résultats et analyses obtenus ainsi que la discussion et l'interprétation des résultats obtenus.

1.1.7- Instruments et logiciels

Les instruments et logiciels nécessaires à la réalisation de notre objectif d'étude sont :

- GNSS FOIF A90 et ses accessoires ;
- Niveau automatique LEICA NA720 et ses accessoires ;
- Le logiciel de réalisation des cartes QGIS ;
- Le logiciel de dessin AutoCAD avec extension Covadis ;
- Le logiciel de gestion des conflits Mensura Genius.

I.2- CADRE GEOGRAPHIQUE D'ETUDE

1.2.1- Localisation et démographie du milieu d'étude

L'arrondissement de Ouèdo se trouve dans le département de l'Atlantique et est situé entre 02°13'70" et 02°17'80" de longitude Est et entre 06°23'26" et 06°31'36" de latitude nord. (Figure N°1). Il est situé dans une zone en pleine expansion, bénéficiant de la proximité avec des infrastructures importantes comme l'Université d'Abomey-Calavi et divers centres économiques.

Cet arrondissement est une division administrative de la commune d'Abomey-Calavi dont elle est l'un des neuf (9) arrondissements. Avec une population d'environ 27 522 habitants soit 4,19% de la population de la commune d'Abomey-Calavi en 2013 (INSAE 2013), il est composé de 8 villages et quartiers de ville que sont : Adago, Ahouato, Allansankomè, Dassèkomè, Kpossidja, Ouèdo centre, Dessato et Adjagbo-Aidjèdo. Il est limité au Nord par l'arrondissement de Glo-Djigbé, au Sud par l'arrondissement de Godomey, à l'Est par l'arrondissement de Togba et à l'Ouest par l'arrondissement de Hèvié. Les habitants pratiquent majoritairement l'agriculture, le commerce et de plus en plus de services en lien avec l'urbanisation. Les langues locales dominantes sont le Fon et le Goun, mais le Français est couramment utilisé dans les interactions officielles et commerciales.

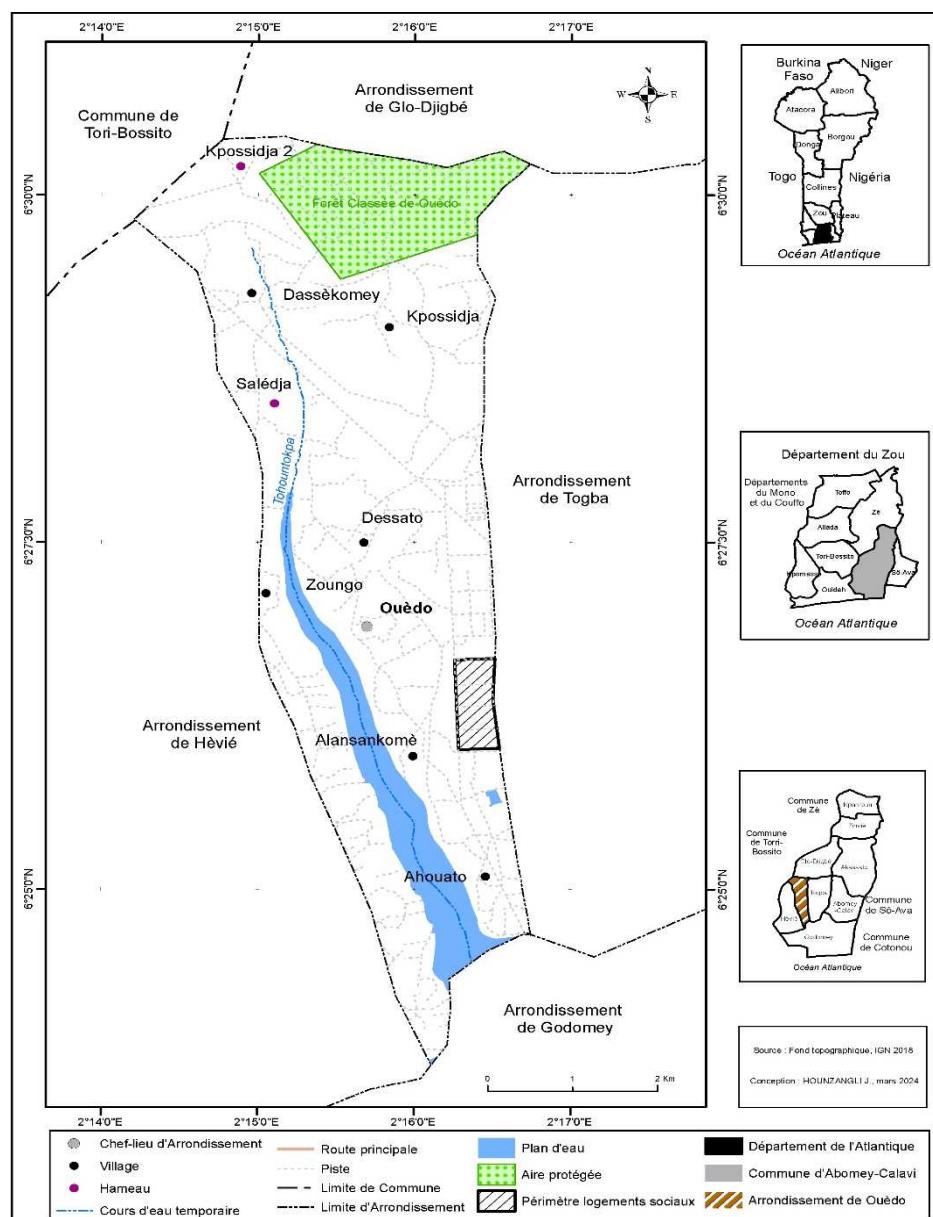


Figure N°1 : Présentation de la zone d'étude

1.2.2- Formations pédologiques

Selon Vincent ADJAKIDJE et al. (1999), la pédologie de la zone de Ouèdo se caractérise par une diversité de sols en fonction des conditions climatiques et géologiques locales (Figure N°2). La région de Ouèdo est située dans une zone de transition entre les zones humidifiées du sud et les zones plus sèches du nord. On y trouve souvent des sols ferralitiques qui sont généralement riches en fer et en alumine. Ces sols sont bien drainés et souvent en acides. On rencontre aussi des sols alluviaux le long des cours d'eau, qui sont plus fertiles en raison des dépôts de sédiments. Les sols de la région sont principalement utilisés pour l'agriculture. Les

sols peuvent souffrir d'érosion et de déforestation, ce qui peut réduire leur fertilité et leur capacité à retenir l'eau. La gestion durable des sols est donc cruciale pour maintenir leur productivité.

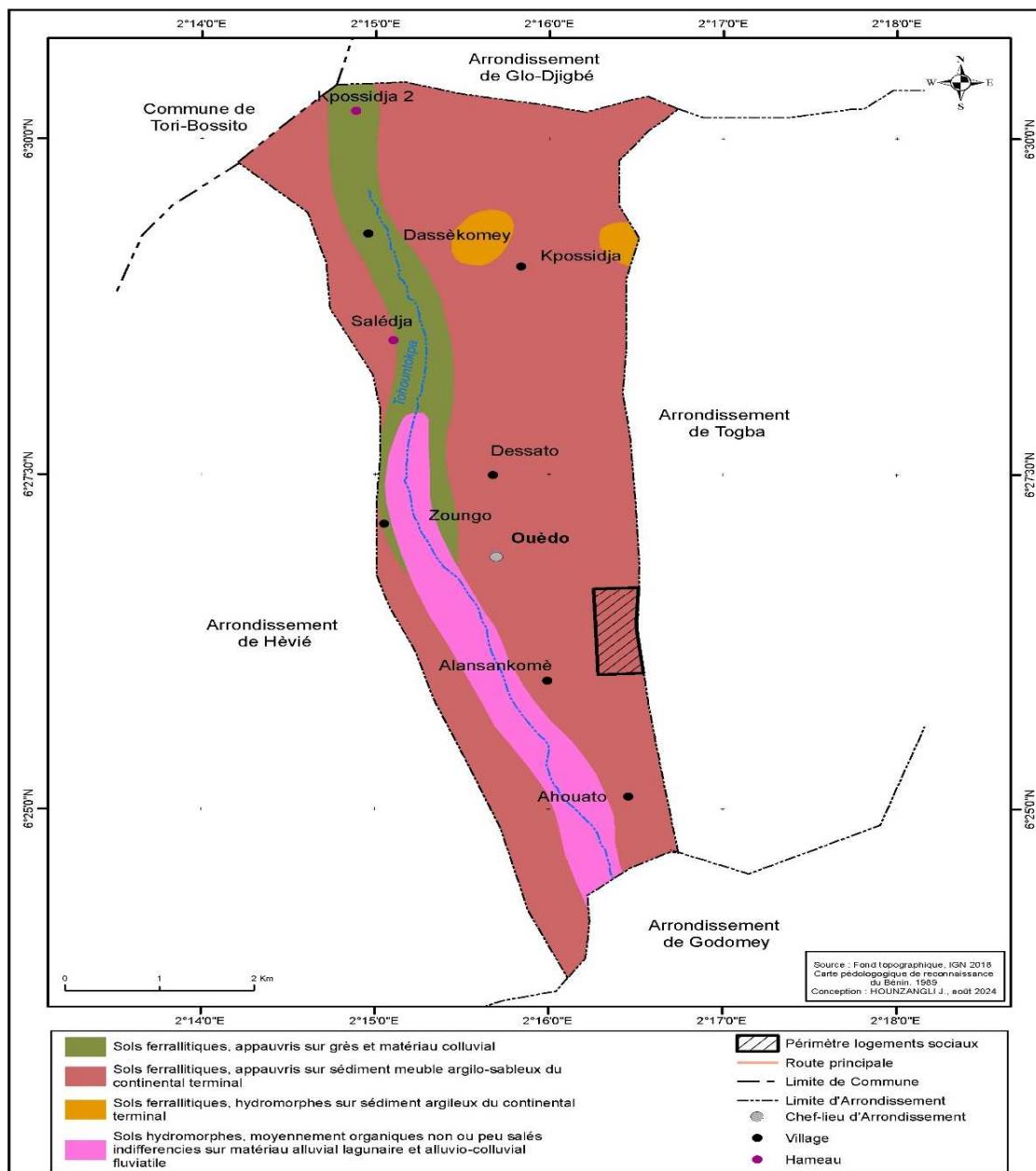


Figure N°2 : Formations pédologiques de la zone d'étude

1.2.3- Réseau hydrographique

La zone objet de l'étude est traversée par plusieurs rivières et cours d'eau, souvent liés aux systèmes de drainage de la région côtière. Parmi des cours d'eau notables, on trouve la

rivière de l'Ouémé, qui est l'une des rivières principales du BENIN, bien qu'elle ne traverse pas directement Ouèdo mais influence ses environs. L'arrondissement présente des zones de lagunes et de marais en raison de sa proximité avec la côte Atlantique (Figure N°3). Ces zones sont cruciales pour la régulation des niveaux d'eau et la biodiversité locale. Le réseau hydrographique est également composé de petits canaux et de systèmes de drainage, souvent utilisés pour l'irrigation agricole et la gestion des eaux de pluie (F. ZOSSOU et all, 2008). La région reçoit des précipitations importantes, ce qui alimente les cours d'eau et contribue à l'humidité des sols.

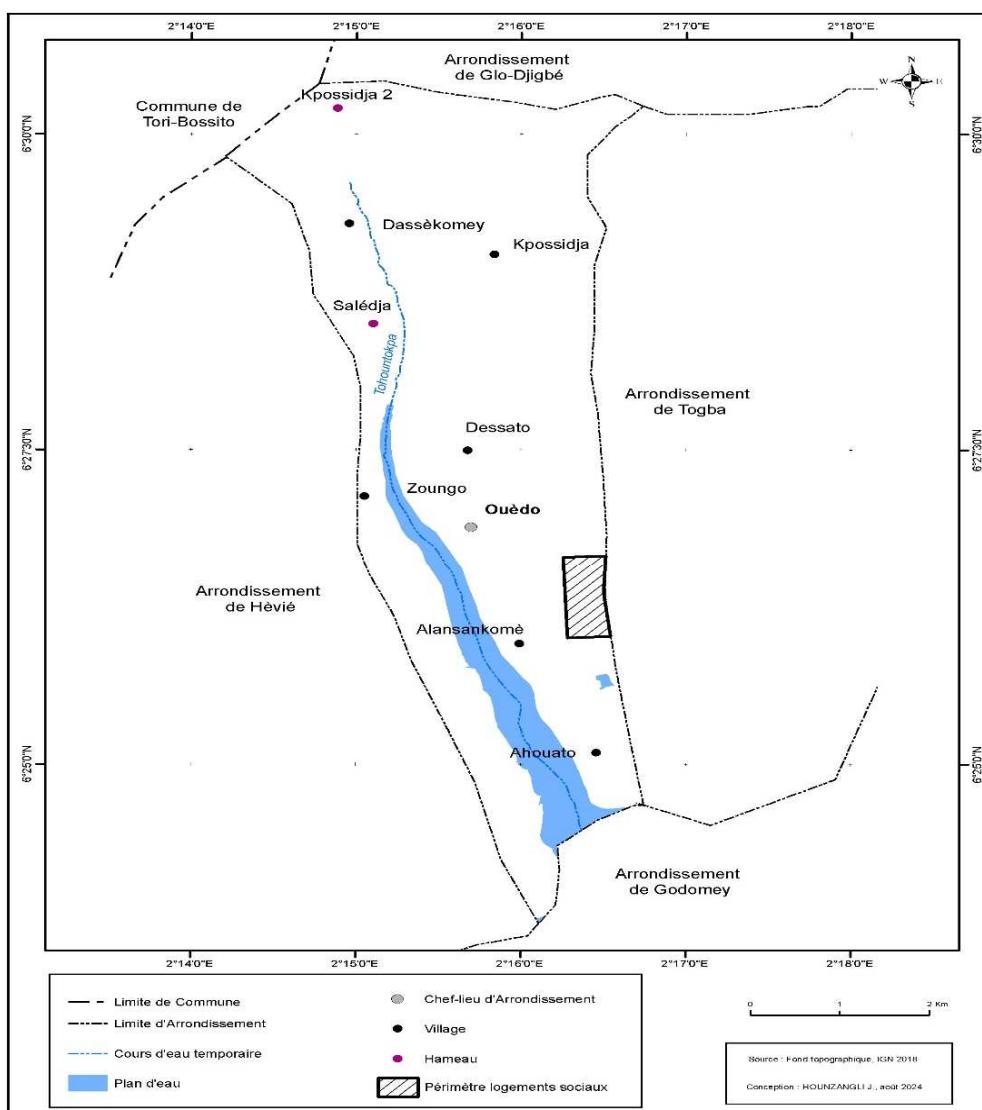


Figure N°3 : Réseau hydrographique de la zone d'étude

1.2.4- Description du milieu restreint récepteur du projet

La zone du projet est repérée par quatre voies périphériques qui constituent les ceintures du domaine et un axe majeur. Le tableau N°1 et la figure N°4 présentent respectivement les coordonnées cartographiques de début et de fin de chaque rue et la localisation géographique du milieu du projet.

Tableau N°1 : Coordonnées cartographiques des rues concernées
Source : Travaux de terrain, juillet 2018

Rues	Coordonnées Cartographiques			
	Début		Fin	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
Rue Centrale	0420373	0713676	0420431	0711164
Ceinture 1	0419429	0711136	0419429	0711136
Ceinture 2	0419429	0711136	0421057	0711180
Ceinture 3	0421056	0711178	0421395	0711692
Ceinture 4	0421180	0712423	0419383	0712355

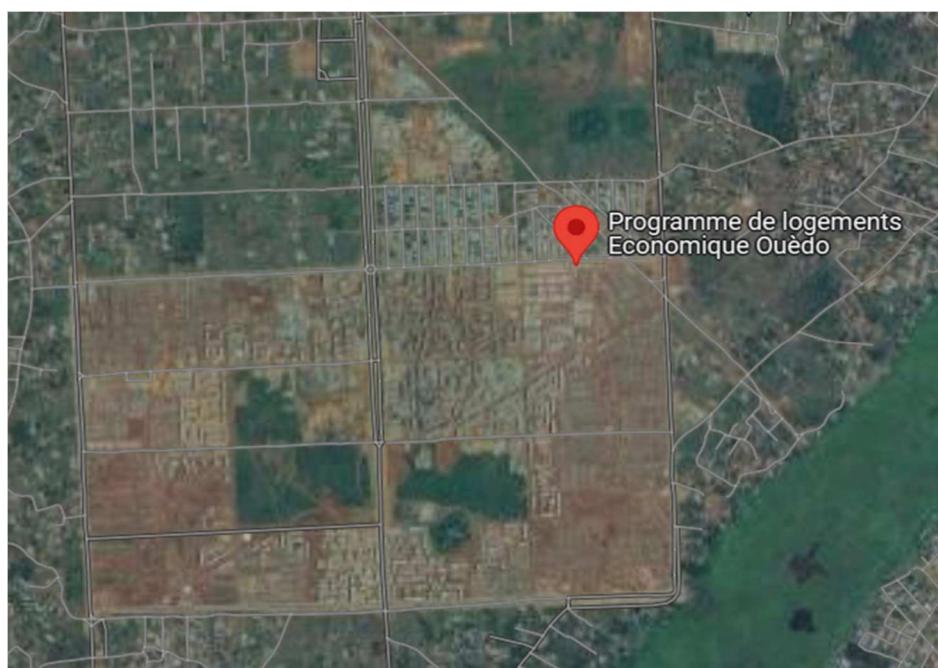


Figure N°4 : Localisation du périmètre d'étude
Source : Image Google

Selon les données de la phase II du projet AEP Cotonou et ses agglomérations (TERRABO, 2012), la zone du projet présente des sols argileux, latéritiques et hydromorphes. La végétation varie selon les faciès traversés. On y rencontre la mangrove à palétuviers et des cocoteraies dans la zone côtière. Ces localités étaient couvertes de palmiers à huile et de savanes arbustives voire arborées. L'écoulement naturel des eaux souterraines dans la zone se fait globalement dans le sens Nord-Nord-ouest-Sud-Sud-ouest avec un gradient de l'ordre de 0,2m / km. Par ailleurs, au niveau du plateau, l'aquifère capté du Continental terminal est globalement à nappe libre mais peut devenir localement semi-captive à captive, étant donnée l'intercalation de nombreuses couches lenticulaires argileuses dans les sables.

1.2.5- Topographie de la zone du projet

La zone du projet représente un rectangle de 2km de long sur 1.25km de large. Le point haut, au Nord-Est de la zone culmine à 22m d'altitude, alors que les deux points bas sont situés au sud-est et au Sud-Ouest, avec des cotes respectives de 14m et environ 5m du côté le plus proche des bas-fonds. Ces cotes sont obtenues à partir d'un niveling projet réalisé par l'IGN.

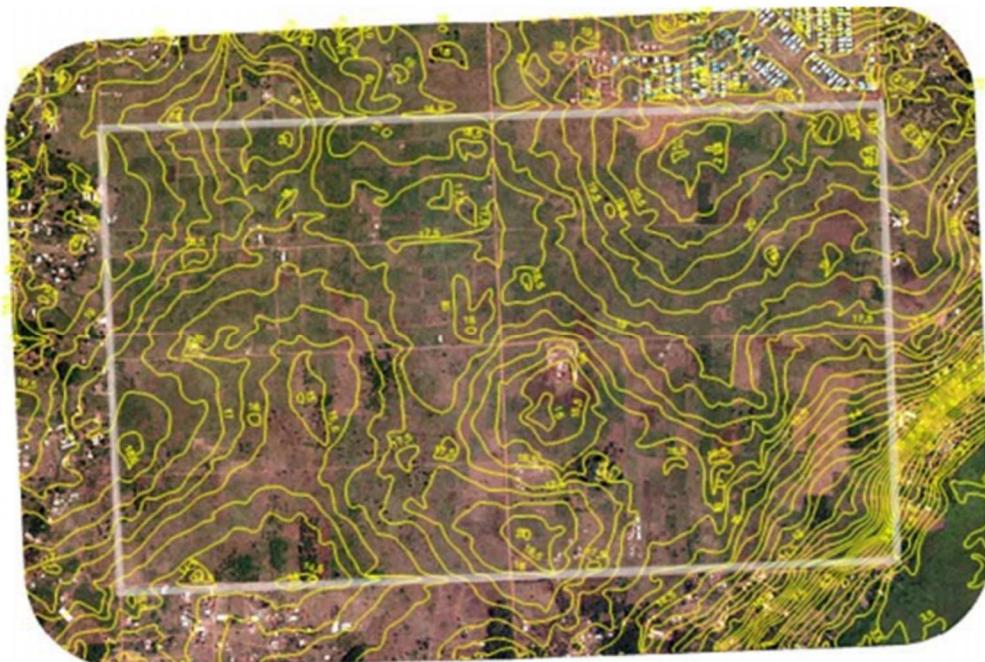


Figure N°5 : Plan topographique de la zone du projet
Source : Note synthétique du projet, 2017

1.2.6- Occupation du sol dans la zone du projet

La zone du champ captant de Ouèdo est en phase d'urbanisation rapide selon l'analyse de l'AEP phase III en 2016. On constate ainsi une augmentation de 300 % des zones loties (agglomérations), de plus de 120 % de plantations arbustives et de près de 50 % des cultures et jachères entre 2006 et 2016. Elle s'est faite au dépend des champs et jachères sous culture de palmiers à huile encore très répandus il y a 10 ans. La mentalité béninoise en matière foncière est de disposer de sa propre parcelle/habitation. Ainsi pour satisfaire cette ambition devenue comme une obsession, une pression est observée pendant les deux dernières décennies sur les ressources en terre surtout dans les agglomérations proches de Cotonou, notamment Ouèdo, Akassato, Glo-Djigbé, etc....

Tableau N°2 : Dynamique d'occupation du sol de 2006 à 2016

Source : AEP Phase III Cotonou, 2016

Occupation du sol	Superficie en ha (2006)	Superficie en ha (2016)	Evaluation en %
Agglomération	193	776	302%
Plantation	639	1419	122%
Mosaïque des champs et jachères	1449	2145	48%
Prairie marécageuse	337	359	7%
Champs et jachères sous palmier	2843	742	74%
Plan d'eau libre	0	8	
Carrière	2	12	
Total		5461	

I-3 GENERALITES

1.3.1- Généralités sur la topographie

1.3.1.1- Définition

La topographie est l'art de mesurer, représenter et de décrire de manière précise les caractéristiques physiques d'un terrain, incluant ses reliefs, ses contours, ses élévations et ses dépressions. Elle consiste à réaliser des relevés détaillés du terrain, qui permettent de créer des cartes et plans topographiques (David McCullough, 2006). Ces documents représentent la surface terrestre en trois dimensions, indiquant les hauteurs, les pentes, les

cours d'eau, les routes, les bâtiments et d'autres caractéristiques naturelles ou artificielles. La topographie est utilisée dans divers domaines tels que l'urbanisme, la construction, l'architecture, l'ingénierie civile et l'aménagement du territoire. Elle est essentielle pour la planification et la conception des infrastructures, qu'elles soient souterraines ou en surface, en fournissant une base d'information précise sur laquelle les décisions techniques peuvent être prises.

1.3.1.2- Utilité de la topographie dans la gestion des conflits des réseaux souterrains

La topographie, dans le cadre de la réalisation des réseaux souterrains joue un rôle central dans la planification, la conception, l'installation et la gestion des infrastructures souterraines.

- Analyse des niveaux d'enfouissement : Pour (M. BOUVET et J. CARRIERE, 2007), la topographie permet de contrôler les niveaux d'enfouissement des réseaux notamment en mesurant les altitudes et les pentes. Cette information est cruciale pour éviter les interférences entre réseaux d'assainissement et autres infrastructures souterraines;
- Planification des tracés optimaux : Grâce à la topographie, les ingénieurs peuvent concevoir des tracés de réseaux souterrains qui minimisent les risques de conflits (Bernard HEITZLER et all, 2005). Par exemple, en évitant les zones à forte pente, ou en contournant les obstacles naturels, ils peuvent réduire les interférences avec d'autres réseaux et optimiser les coûts de construction ;
- Gestion des conflits et intégrité des infrastructures : La topographie permet de gérer les conflits entre les réseaux souterrains existants et nouveaux en fournissant des données précises sur les infrastructures en place (Kumar A. et Patel A., 2014). Cela réduit les risques de perturbations lors des travaux de maintenance ou de modification de réseaux ;
- Localisation et précision des réseaux : Selon (P. RAFFESTIN et all, 2003), la topographie permet de localiser avec précision les positions planimétriques et altimétriques des réseaux souterrains, réduisant ainsi les risques de conflits entre eux ;
- Coordination entre les parties prenantes : Pour Jean-Michel FOURNY et Michel UHL (2015), en fournissant une base de données géographiques commune ; la topographie facilite la coordination entre les différentes parties prenantes (urbaniste, ingénieurs et gestionnaires de réseaux). Cette coordination est importante pour éviter les conflits lors de l'installation ou de la maintenance des réseaux souterrains ;

- Préparation des interventions de maintenance : Lorsqu'il s'agit de réparer ou de modifier des réseaux existants, une connaissance précise de la topographie permet d'anticiper les défis techniques et d'élaborer des stratégies d'interventions qui minimisent les impacts sur les autres infrastructures (Michael BATTY et Zhao JIAN, 2012).

La défaillance dans la planification et la réalisation des réseaux souterrains engendre fréquemment des conflits entre infrastructures comme les réseaux d'assainissement, d'électricité ou de télécommunication. Ces conflits peuvent survenir lorsque les réseaux sont mal positionnés, superposés ou empiètent sur des zones déjà occupées par d'autres infrastructures, ce qui entraîne des difficultés de maintenance, des coûts supplémentaires et des risques pour la sécurité. Grâce à des outils et méthodes précises, la topographie peut contribuer à anticiper et à résoudre efficacement ces conflits.

1.3.2- Généralités sur les réseaux d'assainissement et divers

1.3.2.1- Importance des réseaux souterrains dans les infrastructures urbaines

Les réseaux souterrains sont d'une importance capitale dans les infrastructures urbaines modernes pour plusieurs raisons. Voici quelques-unes :

✓ *Optimisation de l'Espace Urbain*

Selon Michael BATTY (2013), les réseaux souterrains permettent une gestion optimale de l'espace en libérant la surface pour d'autres usages tels que la construction des bâtiments, des espaces publics et la zone de circulation. Cette utilisation de l'espace souterrain est cruciale dans les zones urbaines densément peuplées où chaque mètre carré compte. Du point de vue esthétique, les réseaux souterrains contribuent à un environnement urbain plus esthétique en réduisant l'encombrement visuel causé par les infrastructures aériennes.

✓ *Durabilité et Résilience*

Les infrastructures souterraines sont protégées contre les éléments nuisibles et donc moins exposées aux intempéries, aux accidents et aux actes de vandalisme, ce qui augmente leur longévité (François GROLLEAU, 2016). En cas de catastrophes naturelles (séismes, tempêtes), les réseaux souterrains sont généralement plus protégés et peuvent maintenir les services essentiels.

✓ *Sécurisation et fiabilité des services*

Les réseaux souterrains sont moins vulnérables aux perturbations superficielles, telles que les intempéries ou les accidents de la circulation, garantissant ainsi une plus grande fiabilité des services essentiels comme l'approvisionnement en eau, l'assainissement, l'électricité et les télécommunications (François GROLLEAU, 2016). Les interventions de maintenance ou d'extension des réseaux souterrains sont moins perturbantes pour la circulation et les activités urbaines que les travaux sur des réseaux en surface.

✓ *Facilitation des nouvelles technologies et de l'innovation*

Selon Zhao JIAN (2016), les réseaux souterrains sont indispensables à l'implantation de nouvelles technologies dans les villes intelligentes. Ils permettent l'intégration des systèmes de communication, de gestion énergétique et d'autres infrastructures innovantes sans nuire à l'esthétique ou à la fonctionnalité des espaces urbains.

✓ *Réduction de l'impact environnemental*

Les réseaux souterrains contribuent à la préservation de l'environnement urbain en réduisant l'impact visuel des infrastructures et en optimisant l'utilisation de l'espace. De plus, ils facilitent la gestion des ressources, comme les eaux usées ou les eaux pluviales, dans des conditions écologiques plus favorables. (Michel LUSSAULT, 2014).

1.3.2.2- Organigramme

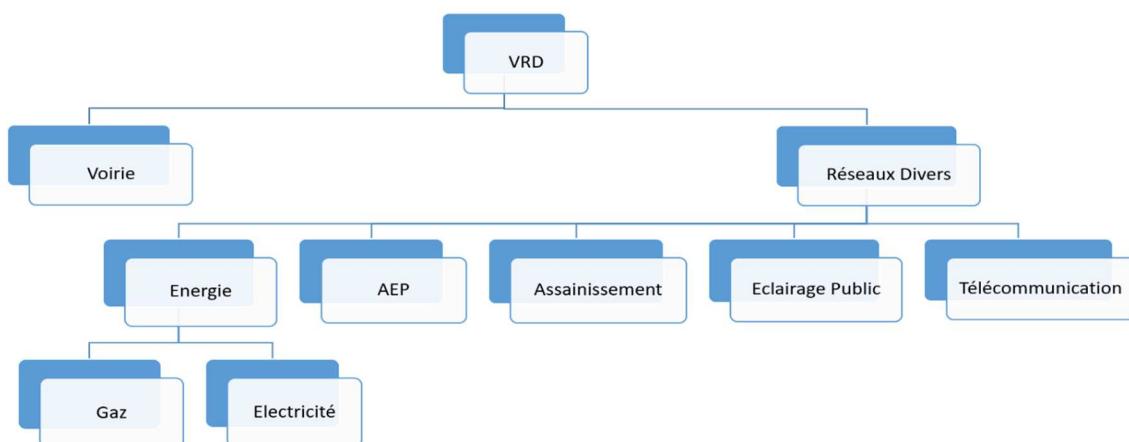


Figure N°6 : Organigramme de la VRD

Source : Voirie Réseaux Divers-Terrassements-Espaces verts (René Bayon, 1998)

Techniquement, une étude de VRD passe par trois (03) phases :

APS (Avant-Projet Sommaire) : Plans à petite échelle accompagné d'une note succincte (résumé) définissant les principes : Seuls sont figurés la voirie et les espaces verts ;

APD (Avant-Projet Détailé) : Plans à plus grande échelle, ils sont accompagnés d'un devis descriptif sommaire et d'une note sur les démarches administratives effectuées ;

DE (Dossier d'Exécution) : Il comprend les pièces graphiques et les pièces écrites.

Pièces graphiques : plan topographique, plan de situation, plan d'aménagement, tracé en plan, profil en long de voirie, schéma de calcul assainissement, profil en long assainissement, schéma de calcul A.E.P, plan de masse d'éclairage public, plan d'implantation etc...

Pièces écrites : mémoires explicatives, note de calcul, devis estimatif.

1.3.2.3- Présentation des réseaux de l'assainissement

Les VRD interviennent dans l'assainissement pour l'étude des ouvrages ainsi que l'implantation du réseau d'assainissement afin de collecter et de transporter et éventuellement traiter puis la restituer en milieu naturel et dans un état satisfaisant, des eaux pluviales ou de ruissellement et les eaux usées ou domestiques (eaux ménagères, eaux-vannes, eaux industrielles).

- Le réseau d'eaux pluviales

Un réseau d'eaux pluviales est un ensemble d'infrastructures publiques ou privées visant à collecter, transporter et évacuer les eaux de pluie pour éviter les risques d'inondation et préserver l'environnement urbain (Jean Paul SEGOL, 2001). Avant de réaliser le détail des calculs de débits, un principe général de fonctionnement du réseau d'eaux pluviales dans la zone de projet a été défini, sur la base du plan masse de projet et de la topographie du terrain naturel, en intégrant les voies vertes et noues prévues dans l'aménagement paysager. La zone de projet étant découpée en 16 lots, les voies principales quadrillent l'ensemble de la zone de projet. Les axes nord-sud et l'axe sud ont été retenus en priorité pour l'implantation des réseaux structurants (émissaires), en raison de la topographie du terrain naturel.

La figure N°7 ci-dessous présente le schéma directeur de collecte et de transport des eaux pluviales dans l'ensemble de la zone de projet. Trois niveaux de réseaux sont représentés :

- Réseau primaire (en rouge ci-contre) Les principaux réseaux de canalisations enterrées longeront les voies de transit pour rejoindre les exutoires. Il s'agit des réseaux les plus imposants, avec des diamètres compris entre Ø1400mm et Ø3500mm, voire, au niveau de l'exutoire, des dalots 2m*2.50m, et un fossé bétonné sur les derniers mètres en raison des problématiques de charge au-dessus du réseau ;
- Réseaux secondaires (en orange ci-contre) : Les réseaux secondaires seront implantés sous les voies de distributions et de dessertes. Les canalisations ont des diamètres compris en moyenne entre Ø800m et Ø1200mm. Ces réseaux assurent également la collecte des eaux pluviales de la voirie et des parcelles riveraines ;
- Réseaux tertiaires (en bleu ci-contre) : Les réseaux de collecte sont principalement implantés dans les voies locales, et seront constitués de caniveaux béton préfabriqués, comme on peut voir dans les rues de Cotonou, ou de diamètres circulaires compris entre Ø400 et Ø800mm. Les deux principaux bassins versants naturels sont conservés, avec un bassin versant principal dont l'exutoire est situé au sud-ouest de la zone. Une canalisation sera créée pour amener ces eaux vers les bas-fonds, ce qui est la solution la plus optimisée en termes de longueur de réseau.



Figure N°7 : Schéma directeur de collecte et de transport des eaux pluviales dans l'ensemble de la zone de projet.

Source : Notice Eaux pluviales, K&D Architectes Mai 2018

- Le réseau d'eaux usées

Le réseau d'eaux usées est un ensemble de conduites souterraines, de stations de pompage et d'infrastructures associées conçues pour collecter, transporter et traiter les eaux usées provenant des habitations, des industries et des établissements commerciaux (Michel SEGALA, 2002). De par leur provenance, ces eaux sont chargées de détergents, graisses, solvants, débris organiques et eaux vannes ou de water closet (w.c.) qui sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux. Le dimensionnement prend en compte la nature des effluents, la profondeur des canalisations, la nature des sols, etc... Il existe des regards de dimensions extérieures 110*110cm, 130*80cm et 80*80cm. Les regards de dimensions 110*110cm et 130*80cm permettent de recueillir les eaux usées depuis les regards de dimensions 80*80cm et facilitent leur transport vers une fosse septique. Quant aux regards de dimensions 80*80cm, ils permettent de recueillir les eaux usées utilisées dans les logements et leur transport vers les regards de dimensions 110*110cm, 130*80cm.

A l'analyse du dimensionnement et des contraintes du projet, les tuyaux qui relieront les regards seront choisis dans la gamme du matériel PVC CR16 à joints sertis (NF EN 1401-1, XP P 16-362), longueur de 3 ml. Pour des profondeurs de fil d'eau \geq à 2,5 mètres, le matériau des canalisations devra être en fonte. (Le PVC sera exclu) Des prescriptions spéciales peuvent être imposées pour des conditions de service ou d'environnement particulières (protection de captage, réseau dans la nappe, etc...). La figure N°8 montre le principe de pose des regards eaux usées.

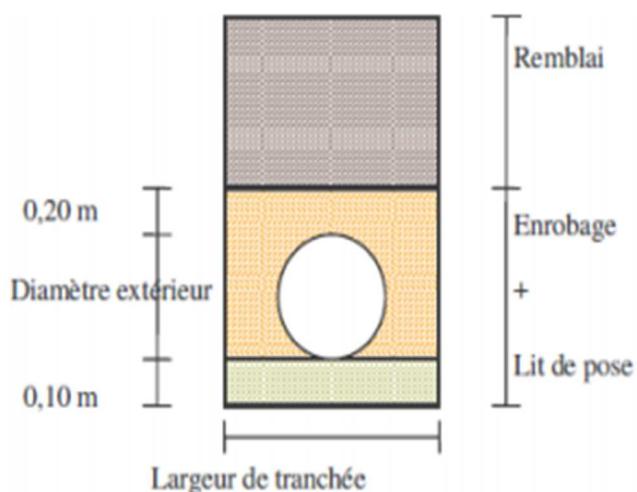


Figure N°8 : Principe de pose des regards eaux usées
Source : Guide technique de l'assainissement, 2014

1.3.2.4- Présentation des réseaux divers

- Alimentation en Eau Potable (AEP)

Le réseau d'alimentation en eau potable est un système d'infrastructures destiné à fournir de l'eau potable aux consommateurs. Pour Bernard CHARBONNEAU (2001), un réseau d'alimentation en eau potable n'est pas seulement une infrastructure technique mais un vecteur de santé publique et de bien-être, garantissant à chaque individu l'accès à une pure et salubre. Les calculs des besoins en eau ainsi que la modélisation du réseau de distribution, effectués dans le cadre de l'étude de l'alimentation en eau potable du Programme des logements sociaux et économiques à Ouèdo ont montré que les besoins en eau de l'étage qui sera desservi à partir du château d'eau (régime gravitaire) à la saturation sont de 140 l/s.

Dans la zone d'étude, il est procédé à l'implantation d'un château d'eau de 500m³ dans la partie Nord-Est. Ce dernier sera alimenté par une station de potabilisation. Selon le plan altimétrique, l'implantation du château d'eau est située dans la position la plus haute où il faut prendre en considération que la dénivellation maximale entre les zones à desservir en eau potable est environ 5m (0.5 Bar). Ainsi, le réseau de distribution projeté sera constitué d'un seul étage de pression. D'après l'analyse de l'emplacement et l'altimétrie du projet, le régime gravitaire est largement suffisant pour desservir tous les points d'alimentations par une pression suffisante. Les caractéristiques du château d'eaux proposées sont données dans le tableau suivant :

Tableau N°3 : Caractéristiques du château d'eaux proposées
Source : Notice d'adduction en eau potable K&D Architectes Mai 2018

Capacité	500m ³
Forme	A définir après l'étude Génie-Civil
Cote Radier	56m
Hauteur du château d'eau	35m par rapport au terrain naturel

Le tracé du réseau de distribution est réalisé pour assurer la couverture de la totalité des lots et de l'équipement projeté, en évitant les traversées fréquentes des voies de circulation par les conduites de branchement. Le réseau de distribution d'eau projeté sera maillé (Figure N°9) afin de garantir une meilleure distribution des débits et un équilibre des pressions et d'offrir un

maximum de sécurité de desserte d'eau potable. Les poteaux d'incendie sont placés de façon à recouvrir une zone d'action de 150 m.

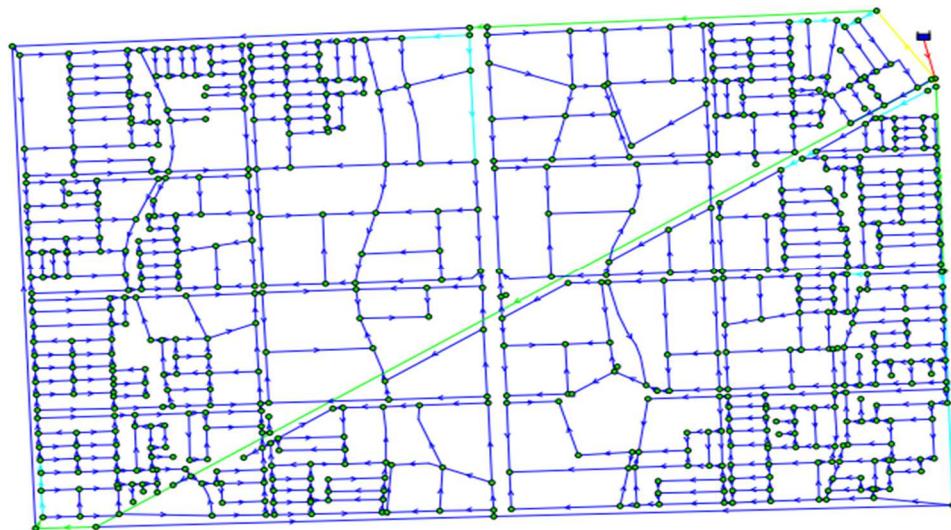


Figure N°9 : Répartition des pressions, des débits, des vitesses et des pertes de charge du fonctionnement du réseau AEP

Source : Notice d'adduction en eau potable, K&D Architectes Mai 2018

- Le réseau d'électricité

Le réseau d'électricité est une infrastructure essentielle pour transporter et distribuer l'énergie électrique depuis des sites de production jusqu'aux consommateurs finaux. L'électricité est une énergie souple et adaptable mais elle est difficilement stockable, alors que la consommation des clients et la coïncidence de la demande sont constamment variables. Ces exigences nécessitent la permanence du transport et la mise à disposition de l'énergie par un réseau de distribution adéquat. Dans le cadre de l'aménagement du projet Ouèdo, prévoir l'alimentation des logements et équipements en électricité était indispensable. Ce réseau se compose de plusieurs types de réseaux ayant chacun une fonction spécifique :

*Le réseau HT

Le réseau électrique HT est une partie importante du système de transmission d'électricité, conçu pour transporter l'énergie sur de longues distances avec une perte minimale. Afin de réduire la longueur des câbles HT et éviter les pertes de charge dans les câbles, l'hypothèse de la mise en place de six postes sources par le concessionnaire SBEE a été prise, reliée entre eux par un réseau structurant formant un cerclage autour de la zone (proposition du

concessionnaire lui-même lors de la réunion plénière de novembre 2017). Les six postes sources seront implantés aux limites externes du projet par le concessionnaire SBEE.

La figure N°10 représente le tracé définitif des câbles HT proposé, les implantations des transformateurs, sur le fond de plan des points de livraison au niveau de chaque bâtiment de la zone. En effet, les 4 quadrants ne sont pas parfaitement symétrique, (présence de différents équipements, de la forêt à sauvegarder...), ce qui a nécessité quelques modifications du principe général d'alimentation.

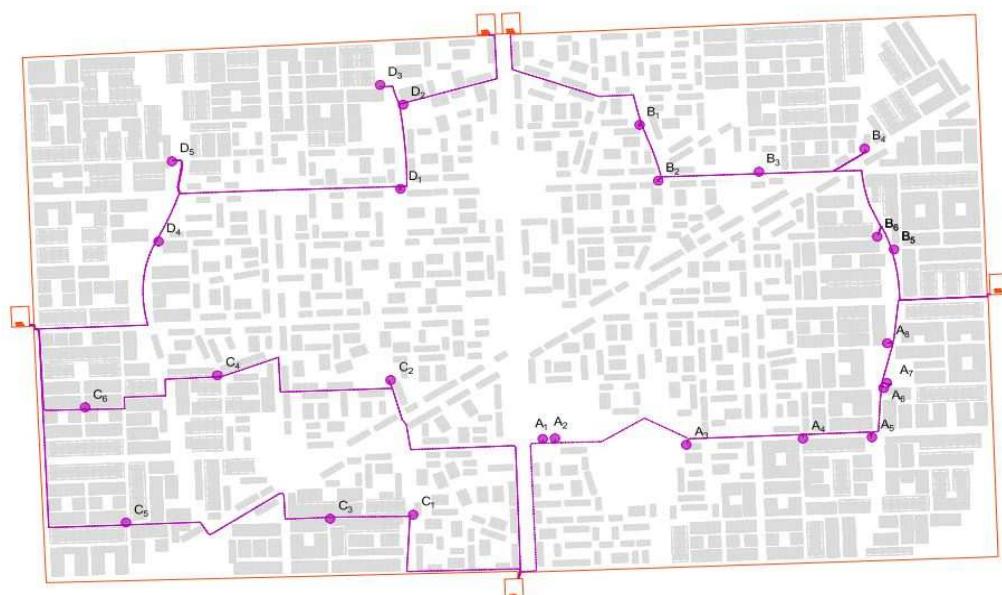


Figure N°10 : Tracé du réseau HT
Source : Notice réseau d'électricité K&D Architectes Mai 2018

*Le réseau BT

Le réseau BT alimente directement les habitations et les petites entreprises. Sachant que les câbles alimentant les clients doivent provenir d'un coffret type REMBT disposant de 6 à 12 sorties au maximum, Il a été procédé de la façon suivante :

- symboliser un coffret client sur le plan des réseaux, au niveau de chaque bâtiment ou équipement (pour les immeubles, des compteurs individuels seront à prévoir à l'intérieur du bâtiment) ;
- regrouper les logements et bâtiments par groupes de 6 à 12 bâtiments, en implantant pour chacun de ces groupes un poste REMBT.

Les postes REMBT sont eux-mêmes alimentés en BT par des câbles provenant directement des transformateurs HT/BT. Le dessin des câbles permet de raccorder les REMBT au transformateur le plus proche. Ensuite il est procédé au raccordement des câbles de distribution client entre le REMBT et les coffrets clients.

*Le réseau d'éclairage public

Le réseau d'éclairage public est un système d'infrastructure conçu pour fournir de l'éclairage dans des espaces extérieurs publics tels que les rues, les routes, les parcs, les places et autres lieux accessibles au public. De plus l'éclairage est un élément fondamental de la vie urbaine, contribuant à la sécurité, à la convivialité et à la gestion de l'espace public (Pierre LAVIGNE, 2000). La lumière n'a d'ailleurs pas un rôle purement fonctionnel : elle doit éviter la monotonie et la tristesse des espaces sombres. Il faut donc rechercher un effet d'ambiance et d'esthétique car l'éclairage extérieur doit s'inscrire dans l'architecture du lieu et animer les zones entourant les habitations. Le tableau N°4 présente la puissance pour un bon fonctionnement du réseau éclairage public.

Tableau N°4 : Puissance nécessaire pour le réseau éclairage public
Source : Notice réseau électrique, K&D Architectes Avril 2018

Hauteur du candélabre	Puissance de luminaire	Inter distance
8.5	250	25
7.5	100	25
5	70	15
6	100	15
4	70	10
7	150	20

- Le réseau de télécommunication

Un réseau de télécommunication est un ensemble d'équipements interconnectés permettant la transmission, l'émission et la réception de données telles que la voix, les images, ou les textes à travers divers médias comme les câbles, les ondes radio, la lumière. Selon (J-C SABONNADIERE, 2005), c'est le cœur battant de la société moderne, reliant les individus, les entreprises, les institutions et permettant l'échange instantané d'informations à l'échelle mondiale. Pour avoir un réseau de qualité, à haut débit, et qui répond aux attentes de la

population, il est donc opté pour la mise en place d'un réseau en fibre optique. C'est le choix le plus fiable, le moins consommateur d'espace et le plus pérenne. L'hypothèse est donc une amenée de la fibre optique au nord du projet, au niveau de l'axe majeur par le concessionnaire (Figure N°11). La mise en place d'un local technique principal devra être prévue en limite de la zone du projet. La distribution se fait à partir du local technique d'où partent les câbles principaux (câbles de transport). Ces câbles passent par les axes principaux puis au niveau des voies secondaires en passant via les chambres télécom. Il n'est pas prévu le câblage, mais uniquement les fourreaux et les chambres. Au niveau des axes principaux, il est prévu la mise en place de fourreaux de dimensions $2\varnothing 160 + 6\varnothing 80 + 12\varnothing 45$ qui se réduisent en $4\varnothing 45$ au niveau des voies secondaires.

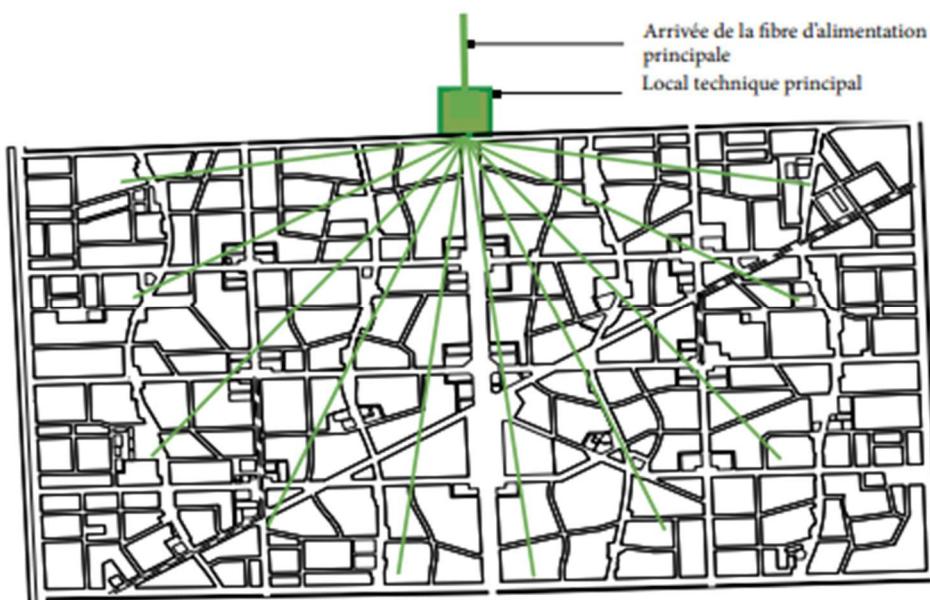


Figure N°11 : Réseau d'alimentation principal de réseau télécom

Source : Note synthétique de projet-Réseau télécommunication, K&D Architectes Mars 2018

Les chambres principales seront de type L5T et servent à recevoir une quantité importante de réseau. Elles sont connectées aux câbles de transport et permettent de répartir la distribution. Elles peuvent servir également à desservir plusieurs directions. Les gros équipements de télécommunication leur sont rattachés en règle générale. Elles sont placées dans les grands carrefours sous chaussées. Les chambres de distributions de type L3T sont placés dans les petits carrefours au niveau de chaque îlot sous trottoirs. Elles servent de desserte pour les différentes directions ; elles ont des capacités de réserves et des équipements de jonction. Ces chambres seront les points de desserte pour les parcelles.

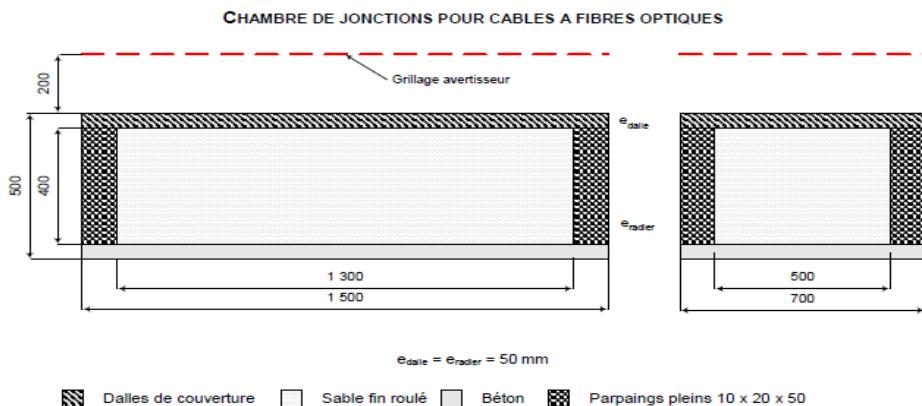


Figure N°12 : Chambre de jonction pour câbles à fibres optiques

Source : Note synthétique de projet-Réseau télécommunication, K&D Architectes Mars 2018

I.4- REVUE DE LITTERATURE

La revue de littérature consacrée à cette étude s'articulera autour de trois centres d'intérêts : l'évolution des réseaux souterrains, les conditions générales d'établissement des réseaux souterrains et le principe de pose de ces réseaux.

1.4.1- Evolution des réseaux souterrains

La voirie routière révèle en fait une complexité qui amène à appréhender plusieurs dimensions simultanément (spatiale, esthétique, pratique, ou encore politique). Cette complexité est d'autant plus signifiante en milieu urbain qu'une grande variété de modes de transport et de réseaux d'équipement s'y côtoie. Lors des dernières décennies, l'émergence de nouveaux moyens de déplacement et le retour d'anciens (tramway) a conduit à repenser la voirie notamment urbaine alors que son développement s'est longtemps articulé autour de l'automobile (J. HERAN, 2015 ; C. PAPON et J. De SOLERE, 2009). Ainsi, le législateur et les aménageurs cherchent aujourd'hui à rendre interopérables les différents modes de transport (J. HERAN, 2017) en réorganisant la voirie qu'ils se partagent pour répondre aux différents besoins (Augello, 2001). Cette transformation tend à intégrer de plus en plus les aménageurs et les urbanistes dans les projets. La voirie accueille également d'autres équipements, tels que les réseaux techniques de distribution évoqués initialement. Ces derniers sont parfois anciens (eau ou d'assainissement) ou plus récents (gaz et électricité), auxquels se sont ajoutés depuis le début des années 2000 les réseaux de télécommunication ou ceux de géothermie, par exemple. Certains de ces équipements ont été installés dès l'origine sous la voirie (eau, assainissement ou gaz) tandis que d'autres ont été historiquement déployés par voie aérienne (électricité ou

télécommunication). Toutefois, certains pays ont fait le choix par la suite d'enfouir progressivement l'ensemble de leurs réseaux techniques sous la voirie, et ce pour diverses raisons. L'enfouissement des réseaux a commencé en milieu urbain, principalement pour des critères esthétiques (Begoc 2000), fonciers (Barles et Guillerme 1994) ou pour gagner de la place en surface (Mozol 2013). Par la suite, des incidents, notamment d'origine naturelle, ont conduit à systématiser l'enfouissement des réseaux, comme en France où la tempête Lothar de 1999 a entraîné la détérioration de nombreuses installations électriques et de télécommunication aériennes. Au Canada, la Province de Québec a été touchée en janvier 1998 par un phénomène climatique exceptionnel appelé « crise du verglas » qui a privé des centaines de milliers de personnes d'électricité et de télécommunication, parfois pendant plus de cinq semaines. Ces évènements ont eu pour effet de relancer les politiques d'enfouissement des réseaux dans les deux pays pour des raisons techniques et de sécurité (Sénéchal et all. 2002 ; Gautreau 2009). Selon le Conseil Economique pour le Développement Durable (CEDD), les grands réseaux, d'énergie, de transports, d'eau et d'assainissement conditionnent le développement économique.

1.4.2- Conditions générales d'établissement des réseaux souterrains

L'établissement des réseaux souterrains ainsi que les travaux de génie civil y afférents doivent être exécutés conformément (Guide pour l'établissement des réseaux souterrains Version du 31.01.1999) :

- à l'arrêté interministériel du 02 avril 1991 relatif aux conditions auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique (appelé communément " arrêté technique "), ainsi que ses modificatifs et compléments éventuels ;
- à la norme NF C 11-201, en particulier, dans l'ensemble du texte, quand il est fait référence à la notion de matériel ou de conception "agréé", c'est au sens de l'article 1.3 de la norme NF C11-201, à savoir : " On entend par matériel d'un modèle ou d'un type agréé, un matériel choisi par le maître d'ouvrage, en commun avec le distributeur exploitant si celui-ci n'est pas le maître d'ouvrage. Le distributeur peut établir des listes de matériels qu'il reconnaît aptes à l'exploitation " ;
- à la réglementation générale applicable en matière de voirie, en particulier le code de la voirie routière, aux arrêtés adoptés par les préfets, les conseils généraux et les conseils municipaux.. ;
- au code du travail ;
- aux cahiers des charges de concession de distribution d'énergie électrique ;

- aux autres normes relatives à la réalisation des ouvrages ;
- aux normes relatives aux différents matériels ;
- aux spécifications particulières de la norme NF C 11-201.

1.4.3- Principes de pose des réseaux

Le guide de conception et de coordination des travaux en sous-sol (Juillet 2019) énumère les principes de pose des réseaux en sous-sol qui impliquent de tenir compte:

- Des spécifications techniques, directives et normes de sécurité propres à chaque réseau ;
- Des conditions d'exploitation future et d'accès sécurisés ;
- Des conditions de chantiers ;
- De la réalité géologique constatée du sous-sol que ne peuvent pas toujours pleinement représenter les plans cadastrés.

1.4.3.1- Limitation des impacts

Les méthodes de pose des réseaux en sous-sol se doivent de garantir les règles techniques et les bonnes pratiques, d'assurer un optimum efficace et économique (ratio coût/prestations) pour chacun des acteurs, de permettre une exploitation future fiable, sûre et optimale et de minimiser les impacts suivants:

- Les risques d'accidents humains par la mise en œuvre de mesures de sécurité adaptées à la nature des travaux (ouvriers et riverains) ;
- Les risques techniques (fuites, corrosion, infiltrations d'eau/gaz, explosion, etc.) ;
- Les dommages aux réseaux existants en déployant le niveau de protection requis ;
- L'impact sur l'environnement (gestion et utilisation des matériaux, recyclage, protection des végétaux, limitation du bruit et des nuisances de toutes sortes, etc.) ;
- L'impact sur les riverains en terme, par exemple, de bruit, mobilité et accès aux parcelles ou à la route L'impact social sur les équipes d'intervention (par exemple travail de nuit).

1.4.3.2- Contraintes de pose des réseaux

En conséquence, les contraintes techniques de pose des réseaux sont les suivantes:

- Pour des raisons de sécurité et de manière générale, les réseaux sont de préférence construits de manière à être accessibles en tout temps ;

- Pour des raisons de facilité d'exploitation future de réseaux d'intérêt public (pérennité de l'alimentation générale), les réseaux sont posés prioritairement sous le domaine public ;
- Les réseaux principaux (primaires, secondaires ou de transport) nécessitant moins d'interventions futures sont posés sous la chaussée ;
- Les réseaux de distribution sont prioritairement posés sous les trottoirs afin de réduire les longueurs de raccordement, la durée et les coûts des travaux et faciliter les futures interventions ;
- Les réseaux sont posés avec des distances de sécurité entre eux ;
- Les réseaux ne sont pas par principe, superposés les uns sur les autres ni posés sous d'autres ouvrages existants ou futurs; des dérogations sont négociables ;
- Les réseaux doivent être construits de sorte à protéger les racines des arbres et leur développement et réciproquement, les nouveaux arbres doivent être posés de manière à ne pas mettre en danger les réseaux ;
- Pour des contraintes techniques et financières, les réseaux sont construits majoritairement de manière rectiligne (pour éviter l'affaiblissement de la qualité du réseau, résoudre les impossibilités de tirage de câbles, limiter les pertes de charges etc.).
- Les réseaux sont posés à une profondeur dépendant des recouvrements minimums normés ;
- Les réseaux gravitaires nécessitent une profondeur plus importante et variable compte tenu de la pente imposée.

Un pictogramme pour les réseaux est utilisé sur les plans du Système d'Information du Territoire de Genève (SITG), selon la figure suivante :

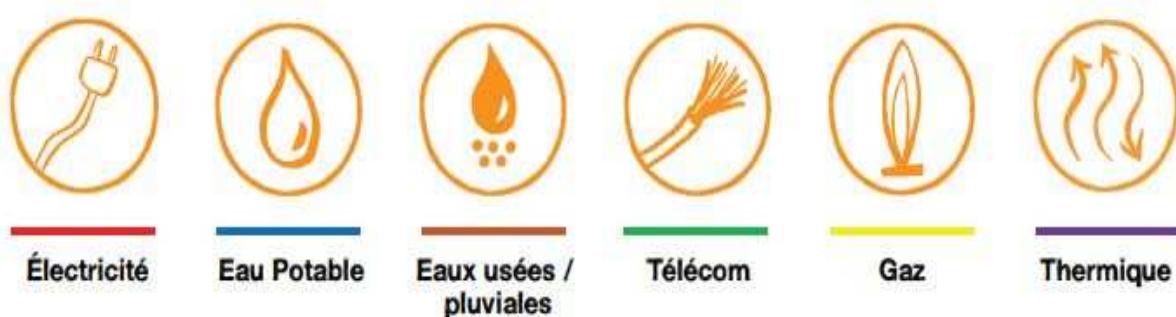


Figure N°13 : Pictogramme des réseaux souterrains

Source : Guide de conception et de coordination des travaux en sous-sol (Juillet 2019)

1.4.3.3- Recouvrements minimaux

Des recouvrements minimaux (hauteur de matériaux sur tube et tuyau) sont imposés en fonction de considérations techniques, pratiques (par exemple les croisements) et sécuritaires. Ils sont spécifiques à chaque réseau et peuvent varier en raison de conditions locales. Dans certains cas, avec l'accord du propriétaire de réseau, il est possible d'y déroger pour autant que des mesures de protection adaptées soient mises en place. A titre d'exemple, les valeurs normatives usuelles sont reportées dans le tableau ci-après:

Tableau N°5 : Recouvrement minimaux des réseaux souterrains

Source : Le guide de conception et de coordination des travaux en sous-sol (Juillet 2019)

Recouvrements minimaux	Electricité (cm)			Eau potable (cm)	Eaux usées/pluviales (cm)	Télécom (cm)	Gaz <5bars (cm)	Thermique (cm)
	HT	MT	BT					
Sous trottoir	80	80	60	100-120	>200	60	80	80
Sous chaussée	100	100	80	100-120	>200	60	80	100

1.4.3.4- Distances et croisements

L'implantation de tubes et conduites à proximité d'un bâtiment et ou d'un ouvrage enterré (fondation, fosse, etc.) est réglementé en fonction du réseau considéré. Des contrôles sont impératifs, pour permettre la mise en place de protections adaptées (explosion, rayonnement ORNI, etc.). Sous réserve d'une modification des normes techniques applicables, une distance de 40 cm est préconisée entre les réseaux, en conformité avec les normes, pour permettre:

- Leur croisement éventuel sans mise en péril ;
- Les interventions futures sur le réseau (nouveau raccordement, réparation, etc.) ;
- D'éviter les superpositions.

Sous réserve d'une modification des normes techniques applicables, les distances latérales entre des canalisations sont recommandées par type de tuyau (SIA 190):

- $D \leq 350\text{mm}$ 0.25m

- $D \leq 700\text{mm}$ 0.35m
- $D \leq 1200\text{mm}$ 0.425m
- $D > 1200\text{mm}$ 0.5m

Pour des réseaux enrobés de béton, les enrobages peuvent être contigus sous réserve de pose d'un joint de séparation pour permettre une intervention future. La largeur de fouille est variable en fonction du réseau considéré, de la profondeur de fouille et du diamètre du tube ou conduite et des épaisseurs de blindage. Dans le cas de travaux multi-réseaux, ces largeurs sont déterminées par le processus de coordination :

- Les distances et recouvrement entre les réseaux peuvent être réduits selon les besoins avec l'accord des services concernés. Des mesures constructives sont prises d'entente avec le propriétaire du réseau concerné ;
- Dans la mesure où les distances entre réseaux ne sont pas respectées, celui qui pose doit tenir compte d'éventuelles mesures conservatoires pour la pose d'autres réseaux ultérieurs.

1.4.3.5- Couleurs des grilles avertisseurs

Les grilles avertisseurs des réseaux souterrains aussi appelées filets avertisseurs, sont des bandes colorées placées au-dessus des réseaux enterrés pour signaler leur présence et réduire les risques d'endommagement lors des travaux. Les couleurs de ces grilles sont normalisées en fonction de la nature des réseaux qu'elles protègent. Au Bénin, elles suivent principalement la norme NF P 98-332. Voici les principales couleurs et leurs signalisations :

- Bleu clair : eau potable
 - Protège les conduites d'eau potable ;
 - Signale l'approvisionnement en eau.
- Vert : télécommunications ou signalisation
 - Indique la présence des câbles de télécommunications ;
 - Utilisé également pour les réseaux de signalisation (ferroviaire, routière).
- Rouge : électricité
 - Protège les réseaux électriques de basse, moyenne ou haute tension ;
 - Inclut aussi les réseaux d'éclairage public.
- Jaune : Gaz

- Signalise les canalisations de gaz naturel ou de gaz industriel ;
 - Concerne également les produits inflammables (hydrocarbures liquides ou gazeux).
- Marron : Assainissement
- Utilisé pour signaler les conduites d'évacuation des eaux usées ou des eaux pluviales.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

II.1- RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Elle a consisté à visiter les différents centres de documentation afin d'obtenir des données d'ordre général et spécifique sur le secteur d'étude et sur la thématique. En effet, plusieurs centres de documentation ont été visités. L'usage de l'internet a également permis de consulter des ouvrages et travaux généraux relatifs au thème. Dans le but d'atteindre les objectifs fixés pour cette recherche, les ouvrages surtout scientifiques qui ont développé des approches similaires et données essentielles graphiques ont été consultés. Des ouvrages généraux et spécifiques abordant plusieurs aspects du sujet ont été recensés et lus afin de recueillir des données et informations pouvant aider à la rédaction du mémoire. Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des centres de documentation parcourus, la nature des documents et les informations recherchées.

Tableau N°6 : Liste des centres de documentations parcourus

Source : Recherche documentaire

Centre de documentation	Nature des documents	Types d'informations recueillies
Agence Nationale de l'eau et de l'Assainissement en Milieu Rural (ANEA)	Données et publications	Informations relatives à l'assainissement, les systèmes de drainage et les réseaux d'eau au Bénin
Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable (MCVDD)	Etudes et rapports	Informations sur les réseaux d'assainissement, l'aménagement du territoire et la gestion de l'espace urbain
Direction Générale de l'Eau (DG-Eau)	Rapport techniques et études de cas	Informations sur les réseaux d'eau et d'assainissement
Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB)	Documents techniques et rapports d'audits	Données opérationnelles et statistiques – Normes et réglementations
Bibliothèque de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC)	Mémoires, thèses et publications	Informations sur la gestion des infrastructures souterraines
Agence Béninoise pour l'Environnement (ABE)	Etudes d'impact environnemental	Informations sur les interactions entre les réseaux souterrains en environnement
SBIN (Société Béninoise d'Infrastructures Numérique)	Documents techniques et des données	Gestion des réseaux de fibre optique
SBEE (Société Béninoise d'Énergies Electriques)	Documents techniques et plans d'infrastructures	Planification des réseaux électriques souterrains

II.2- MATERIELS ET METHODES DE L'UTILISATION DES PLANS VALIDES PAR LE MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE POUR L'EXTRACTION DES COORDONNEES PLANIMETRIQUES ET ALTIMETRIQUES

2.2.1- Collecte des données

2.2.1.1- Plans validés des réseaux d'assainissement

Ce sont des plans techniques des réseaux eaux pluviales et eaux usées approuvés par le maître d'ouvrage délégué, incluant les coordonnées planimétriques et altimétriques. Ces plans fournissent des informations sur la disposition et l'emplacement exact des différents types de conduites, des regards et autres éléments du réseau. Ils contiennent également des détails sur les dimensions, les matériaux, les profondeurs et les pentes des conduites favorisant la compréhension de la capacité et l'état des infrastructures.

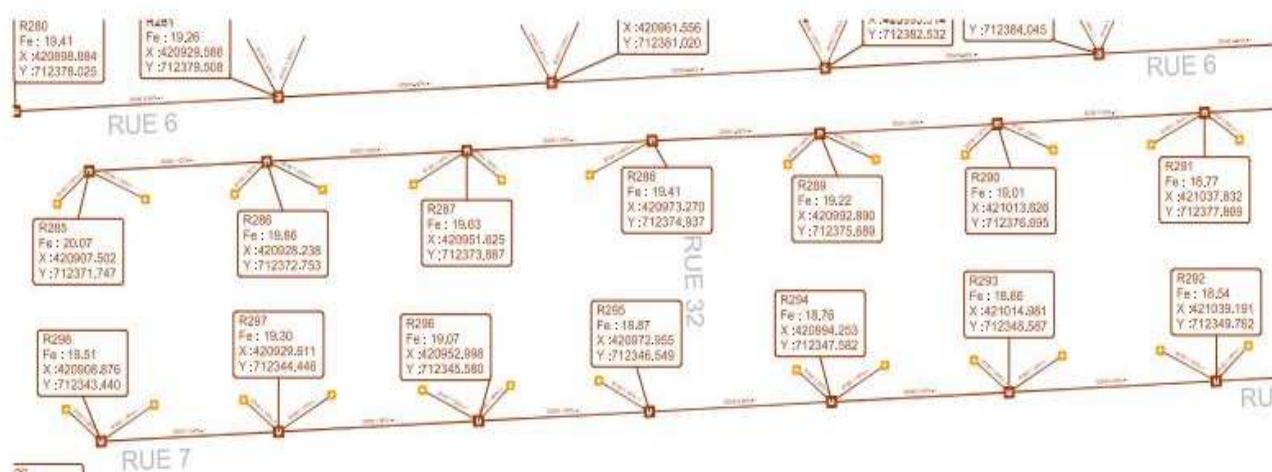


Figure N° 14 : Extrait du plan réseau eaux usées des rues 6 et 7
Source : Plan du réseau eaux pluviales Ilot 4 ; K&D, Mai 2022

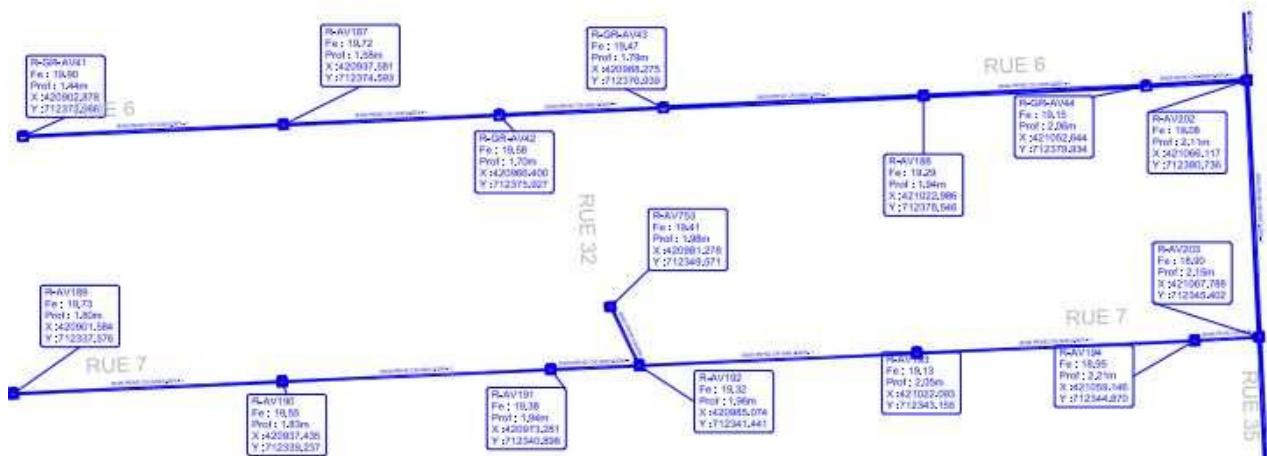


Figure N° 15 : Extrait du plan réseau eaux pluviales des rues 6 et 7
Source : Plan du réseau eaux pluviales Ilot 4 : K&D. Mai 2022

2.2.1.2- Le Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Un MNT fournit une représentation 3D du terrain, permettant une visualisation claire des élévations, des pentes et des dépressions (Hengl T., 2006). Cela facilite l'identification des zones où l'eau peut s'accumuler ou des pentes naturelles pour l'écoulement. Il fournit également une base de données de haute précision permettant de déterminer facilement la profondeur des réseaux et leur pente améliorant ainsi la précision et l'efficacité des travaux. La Figure N°16 montre un extrait du plan du réseau Télécom. A l'aide du MNT, nous pouvons obtenir les coordonnées altimétriques à tous les points du réseau.

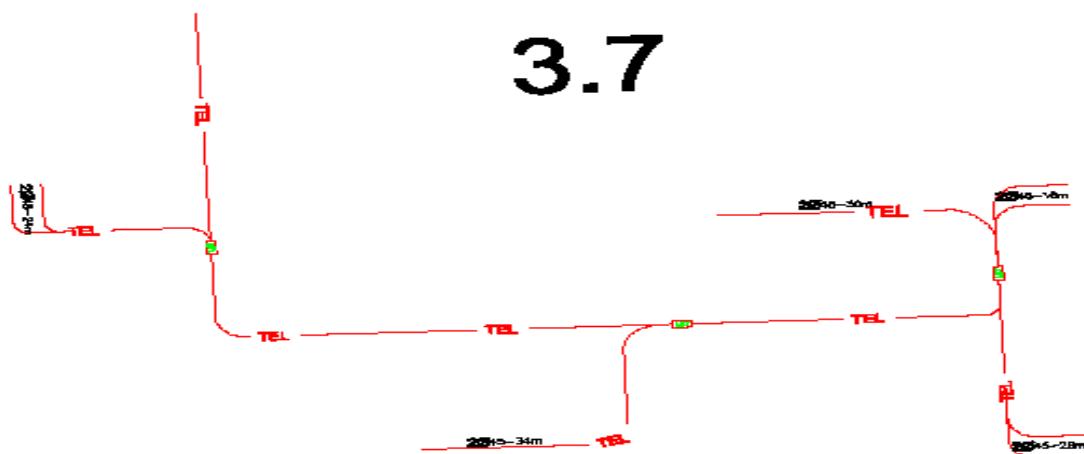


Figure N°16 : Extrait du plan réseau télécommunication montrant la plateforme 3.7

Source : Plan du réseau Télécom Ilot 3 ; K&D, Mai 2022

2.2.2- Programmes et logiciels utilisés

2.2.2.1- Le logiciel Microsoft Excel

Logiciel tableur de la suite bureautique Microsoft Office développé et distribué par l'éditeur Microsoft. Il est destiné à fonctionner sur les systèmes d'exploitation Microsoft Windows, Mac OS X et Android. Il intègre des fonctions de calcul numérique, de représentation graphique, laquelle utilise les macros écrites dans le langage Visual Basic for Applications (Wang et all, 2014). C'est un logiciel puissant pour la gestion et l'analyse des données et utile en topographie pour plusieurs raisons :

Calculs et analyses de données : Excel permet de gérer de grandes quantités de données numériques, ce qui est essentiel en topographie pour les calculs de distances, d'élévations, de

coordonnées, etc... Les fonctions mathématiques et statistiques d'Excel facilitent le traitement de ces données ;

Création de tableaux et de graphiques : Selon Mitchell et al. (2009), Excel est excellent logiciel pour organiser les données sous forme de tableaux. Il permet également de créer des graphiques pour visualiser les profils de terrain, les courbes de niveau, ou encore pour comparer différentes mesures ;

Modèles de calcul : Les topographes peuvent créer des modèles de calcul automatisés pour des tâches répétitives comme le calcul de volumes, la conversion de coordonnées ou le calcul de pentes. Cela permet de gagner du temps et de minimiser les erreurs ;

Importation et exportation de données : Excel permet d'importer des données à partir de divers appareils de mesure (comme les GPS, les stations totales) et de les exporter vers d'autres logiciels de CAO ou SIG pour une analyse plus approfondie ou la production de cartes ;

Suivi de projet : Excel peut être utilisé pour le suivi des projets topographiques, en tenant des registres de temps, de coût et en suivant les progrès par rapport au calendrier prévu (Cohen et al, 2011).

Dans le cadre de notre étude, le logiciel Microsoft Excel nous a permis d'abord d'organiser et analyser les données des réseaux d'assainissement en créant des tableaux récapitulatifs et effectuer des calculs afin de déterminer les conflits potentiels entre les réseaux, ensuite de suivre l'avancement de l'étude, notamment en termes de tâches liées à l'implantation des réseaux et de la gestion des conflits et enfin de présenter des données sous forme de rapports et de graphiques.

En somme, le logiciel Microsoft Excel a été d'une grande utilité pour nous dans la gestion des conflits des réseaux car il a permis de structurer et de gérer de grandes quantités de données relatives aux réseaux souterrains, de comparer et de créer des tableaux pour visualiser les données des différents réseaux.

2.2.2.2- Le logiciel QGIS

Logiciel du Système d'Information Géographique convivial distribué sous licence publique générale. C'est un projet de la fondation Open Source Géospatial permettant de visualiser, modifier et analyser des données géospatiales. QGIS s'appuie sur une large

communauté qui lui confère une stabilité, un champ fonctionnel et une évolutivité équivalents voire supérieurs aux solutions payantes du marché telles que : ArcGis, MapInfo ou GéoConcept (Boulos et all, 2009). Il est compatible avec Linux, Unix, Mac OS X, Windows et Android et intègre de nombreux formats vecteurs, raster, base de données et fonctionnalité. QGIS offre de nombreuses fonctionnalités utiles en topographie :

Gestion des données géospatiales : QGIS permet de gérer, visualiser et analyser des données géospatiales. Les topographes peuvent importer des données telles que des fichiers de points des levés GPS, des images satellites et les superposer sur des cartes pour une analyse détaillée ;

Création de cartes : QGIS excelle dans la création de cartes personnalisées (Lloyd et all, 2004). Il permet aux topographes de produire des cartes précises avec des courbes de niveau, des réseaux de drainage, des plans de parcelles. Les cartes peuvent être exportées en divers formats pour la présentation ou l'impression ;

Analyse de terrain : QGIS propose des outils pour l'analyse de terrain, tels que la génération de modèles numériques de terrain (MNT), l'analyse des pentes et des expositions et la création de profils topographiques. Ces analyses sont essentielles pour les études d'ingénierie et de planification ;

Collecte de données sur le terrain : Grâce aux extensions et aux modules complémentaires, QGIS peut être utilisé avec des dispositifs de collecte de données sur le terrain, ce qui permet de synchroniser directement les données collectées avec celles du bureau pour une mise à jour en temps réel ;

Analyse spatiale et modélisation : QGIS propose de puissants outils d'analyse spatiale qui permettent de modéliser des phénomènes géographiques, d'identifier des tendances spatiales et de réaliser des simulations pour des projets d'ingénierie et de planification urbaine.

Dans le cadre de notre étude, le logiciel QGIS nous a permis particulièrement de créer des cartes détaillées en intégrant divers types de données géospatiales.

En résumé, QGIS est un outil essentiel en topographie et particulièrement dans la gestion des réseaux souterrains en facilitant la création des cartes, en offrant des capacités avancées de gestion, d'analyse, et de visualisation des données géospatiales, tout en restant flexible et interopérable avec d'autres logiciels.

2.2.2.3- Le logiciel AutoCad avec extension Covadis

Logiciel édité par la société Géomédia. Il fonctionne avec AutoCad 3D. Covadis est un logiciel spécialisé dans la topographie, l'aménagement du territoire, et le génie civil, largement utilisé dans les métiers liés à la géomatique et à l'ingénierie. Voici quelques-unes de ses utilités en topographie :

Traitement des données topographiques : Covadis permet l'importation, le traitement et l'analyse des données relevées sur le terrain à partir de stations totales, GNSS, et autres instruments de mesure (Lemoine et all, 2016). Il offre des outils pour nettoyer les données, corriger les erreurs, et les préparer pour l'analyse ;

Création de Modèles Numériques de Terrain (MNT) : Le logiciel facilite la génération de modèles numériques de terrain à partir des données de points relevés, permettant ainsi de visualiser et d'analyser le relief du terrain avec précision ;

Calculs topographiques avancés : Covadis inclut des fonctionnalités pour effectuer des calculs topographiques complexes tels que les calculs de nivellation, de polygones, de surfaces, de volumes de terrassement, ainsi que la compensation de réseaux de points ;

Génération de plans topographiques : Covadis simplifie la production de plans topographiques détaillés, incluant les courbes de niveau, les bornes, les parcelles cadastrales et d'autres éléments géographiques. Ces plans peuvent être personnalisés selon les besoins du projet ;

Calculs de terrassement : Le logiciel offre des outils précis pour le calcul des volumes de terrassement, une tâche cruciale en topographie pour les projets de construction. Cela inclut l'estimation des déblais et remblais, ainsi que la création de rapports détaillés ;

Dans le présent travail, ce logiciel a été un excellent outil pour la gestion des conflits des réseaux souterrains, notamment pour la modélisation, la simulation, la détection des conflits et la création des documents de présentation détaillés. Grâce à ces nombreuses fonctionnalités adaptées aux réseaux d'assainissement et à son intégration avec d'autres outils, il nous a permis de travailler de manière efficace et précise.

2.2.3- Méthodes de collecte des données

2.2.3.1- Extraction des données des plans validés

A partir des plans validés, il est capital d'extraire les coordonnées planimétriques et altimétriques à l'aide du logiciel Covadis avant leur implantation sur le terrain. L'extraction de ces coordonnées ne cause aucun problème pour les réseaux d'assainissement car elles apparaissent directement sur les plans à travers une étiquette mais doivent toujours être vérifiées. Mais en ce qui concerne les autres réseaux, leurs coordonnées sont générées à partir des MNT des rues et plateformes précédemment élaborés en suivant le principe de positionnement des réseaux. Ces données sont transférées dans le PDA du récepteur GNSS en vue de leur implantation sur le terrain.

2.2.3.2- Validation et correction éventuelles sur le terrain

La validation et la correction sur le terrain sont des étapes essentielles pour confirmer l'exactitude des données collectées et résoudre les écarts potentiels entre les données projetées et la réalité du site. Ces étapes peuvent se dérouler comme suit :

- Préparation pour le travail de terrain : avant de nous rendre sur le terrain, nous analysons au préalable les plans et les données du GNSS collectées afin d'identifier les points critiques. Nous nous assurons que le matériel de mesure est aussi bien calibré ;
- Validation planimétrique des réseaux : nous utilisons le récepteur GNSS pour vérifier les coordonnées planimétriques des points clés du réseau. Nous comparons les positions implantées par le récepteur GNSS avec les données du plan. Si des décalages sont observés, nous enregistrons ces écarts pour une analyse plus approfondie ;
- Vérification et ajustement altimétrique : nous utilisons le niveau pour mesurer l'altitude des points critiques. En comparant les altitudes mesurées avec les altitudes projetées, nous identifions les écarts qui pourraient provoquer des conflits. Lorsque les écarts sont constatés, nous procédons à une correction en fonction des mesures réelles ;
- Mise à jour des plans : après la validation sur le terrain, les données corrigées sont intégrées dans les plans permettant la mise à jour des informations de positionnement des réseaux et de garantir que les plans finaux sont conformes à la réalité du site.

2.2.4- Méthodes de traitement des données

2.2.4.1- Pré-traitement des données

Le pré-traitement des données est une étape essentielle pour garantir l'exactitude et la qualité des données avant de procéder à leur superposition avec le MNT. Pour cela, nous avons procédé dans un premier temps à la collecte et la vérification des sources de données. Les plans de conception mis à notre disposition sont vérifiés à travers les informations planimétriques et altimétriques afin de nous assurer s'ils sont complets et exacts. Les données du MNT sont aussi vérifiées afin de nous assurer si elles sont à jour et reflètent la topographie du terrain. Nous vérifions également l'homogénéité des systèmes de coordonnées en nous assurant que toutes les données sont dans un système unique et compatible ; ce qui évite les décalages lors de la superposition.

2.2.4.2- Superposition avec le MNT

La superposition avec le MNT implique une intégration spatiale précise pour visualiser les différentes couches de données, y compris celles des réseaux d'assainissement et divers. Avant l'importation du MNT et des réseaux dans le logiciel Mensura Genius, nous extrayons les coordonnées planimétriques et altimétriques des plans validés ; ce qui permet de préparer les informations géospatiales nécessaires pour l'alignement avec le MNT. Nous nous assurons également que les données du réseau et le MNT sont dans le même système de coordonnées afin de garantir la fiabilité des informations de façon précise dans l'espace. Nous analysons alors les altitudes et vérifions si les réseaux d'assainissement respectent les niveaux de profondeurs nécessaires pour éviter les conflits.

II.3- INSTRUMENTS ET METHODES UTILISES POUR L'IMPLANTATION DES RESEAUX

2.3.1- Instruments de collecte des données

2.3.1.1- Le récepteur GNSS FOIF A90



Figure N°17 : GNSS FOIF A90

Source : www.foif.com

Le GNSS Foif A90 a permis de faire des relevés et des implantations en planimétrie sur le site. Il offre une souplesse, une précision et une productivité optimale. Il est composé de :

- Un rover du récepteur ;
- Une base du récepteur ;
- Un PDA ;
- Une antenne ;
- Une tige support d'antenne ;
- Un chargeur de batteries ;
- Un adaptateur de puissance à corde ;
- Deux antennes mobiles ;
- Une grande batterie pour alimenter la base ;
- Des batteries pour le mobile et la base ;
- Une radio RTK;
- Une canne de 2 mètres ;
- Un câble base-radio ;
- Un câble USB contrôleur de données ;

- Un câble électrique externe ;
- Un support PDA ;
- Un connecteur ;
- Une embase.

Caractéristiques techniques

Tableau N°7 : Caractéristiques techniques du récepteur GNSS FOIF A90
Source : Notice du GNSS FOIF A90

GPS	L1 C/A, L2E, L2C, L5
GZSS	L1/CA, L1 SAIF, L1C, L2C, L5, LEX
GLONASS	G1, G2, P1, P2
GALILEO	E3BC, 35A, E5B
SBAS	L1 CA, L5
Précision en mode RTK	Horizontal : ± 8 mm + 1ppm Vertical : ± 15 mm + 1ppm
Précision en mode statique	Horizontal : ± 2.5 mm + 1ppm Vertical : ± 5 mm + 1ppm
Protocole	GeoTalk, SATEL, PCC-GMSK, TrimTalk, TrimMarck, SOUTH

D'après les caractéristiques ci-dessus, le récepteur GNSS Foif A90 est un outil polyvalent, performant et adapté pour ce projet dont la précision exigée est de 10 mm en planimétrie comme en altimétrie. Au cours des travaux de terrains, le mode de levé utilisé est le mode RTK car elle est une technique de positionnement qui permet d'obtenir des coordonnées précises avec une précision centimétrique en temps réel. Le récepteur mobile reçoit des corrections de la station de référence et les applique aux signaux GNSS qu'il reçoit des satellites. En utilisant les signaux corrigés, le récepteur mobile calcule sa position accrue, souvent à l'échelle du millimètre, en utilisant la méthode de trilateration.

Au cours de notre étude, nous avions utilisé la station totale Mato MTS-1202R qui a permis de faire des relevés et des implantations sur le site comme le récepteur GNSS mais le plus souvent quand ce dernier perd de signal en raison de la taille des bâtiments.



Photo N°1 : GNSS FOIF A90 en station

2.3.1.2- Le niveau automatique Léica NA720



Figure N°18 : Niveau automatique Léica NA720 et ses accessoires
Source : www.mesure-laser.com

Caractéristiques techniques :

Tableau N°8 : Caractéristiques techniques du niveau automatique Léica NA720
Source : Notice du niveau automatique Léica NA720

Grossissement	20x
Image	Droite
Diamètre objectif	30mm
Visée minimum	0.5m
Cercle horizontal	360°/400gr

Facteur de multiplication	100
Constante d'addition	0
Nivelle sphérique	10'/2mm
Coefficient de multiplication d'erreur k	0.3mm/m
Ecart type (nivellement double 1km)	2.5mm
Ecart type (mesure simple avec une mire à 30m)	1.5mm

2.3.2- Méthodes de collecte des données

En prélude aux travaux de la viabilisation secondaire et tertiaire du site, le niveling projet a été réalisé sur la base du niveling transmis fin novembre 2017 par l'IGN avant notre arrivée suite à une visite de site. Afin de réaliser les études d'assainissement (eaux usées et eaux pluviales), un niveling projet sommaire a été réalisé. Sur la base du plan de masse projet, des points de niveling ont été calculés au niveau des intersections des voiries, de façon à rester au plus proche du terrain naturel, dans la mesure du possible, tout en garantissant une pente permettant un ruissèlement des eaux de surface (pente longitudinale minimale de 0.5%). Afin de faciliter l'écoulement des eaux à l'échelle de l'ensemble de la zone, certaines zones ont dû être "comblées" afin de gommer les points bas, pour éviter la stagnation des eaux dans ces zones de "cuvette" et pour faciliter l'évacuation des eaux. En effet en cas de pluie très importante, ce sont dans les zones de points bas que les dégâts sont les plus importants. Un MNT-existant a été créé à partir des courbes de niveaux du plan topographique de l'IGN. Un MNT-projet a été modélisé sur la base des points de niveling projetés au niveau des intersections. Ce niveling projet n'est pas très fin, il ne prend pas en compte l'intérieur des parcelles ni les profils des voiries. Cependant, il donne les grandes lignes du futur niveling.

De même, six bornes de références PERENNE (Tableau N°9) sont implantées sur les limites ceinturant le site à partir des bornes géodésiques du deuxième ordre et observées au moyen d'un récepteur GNSS bi fréquence de marque SOUTH G1 PLUS précédemment calibré à cet effet. Les bornes sont observées en mode RTK sur un temps d'observation prolongé de trente minutes par borne. Des bornes de polygonations secondaires sont aussi réalisées à l'intérieur du site et observées à partir des bornes PERENNES afin de faciliter les travaux à l'intérieur du site. Les observations altimétriques sont quant à elles effectuées avec un niveau d'ingénieur de marque LEICA NAK2 également calibré. Un niveling en cheminement

double par point de changement est fait, depuis les bornes des références PERENNE afin de déterminer les altitudes des bornes de la polygonation secondaire.

Tableau N°9 : Récapitulatif des coordonnées des bornes PERENNES et de la polygonation secondaire du Lot 4

Source : Rapport technique d'implantation N°2, K&D Janvier 2021

Bornes de référence PERENNE			
Bornes	X(m)	Y(m)	Z(m)
SL01	421320.538	712423.156	21.724
SL02	421383.179	711325.298	9.545
SL03	420402.026	711258.079	19.210
SL04	419788.751	711191.400	16.001
SL05	419661.977	712343.829	19.085
SL06	420333.574	712381.343	19.679
Polygonation secondaire			
SEC 1-1	420428.499	712055.350	18.050
SEC 1-2	420534.697	712083.728	18.482
SEC 1-3	420714.239	712065.276	20.097
SEC 1-4	420877.991	712093.188	21.416
SEC 1-5	421127.353	712101.163	19.879
SEC 1-6	421164.513	712091.018	19.157
SEC 2-1	420649.907	711797.817	17.673
SEC 2-2	420892.448	711778.993	19.007
SEC 2-3	420200.583	711812.854	17.580
SEC 2-4	421307.037	711797.079	17.762
SEC 4-1	420893.615	712344.719	21.804
SEC 4-2	420879.990	712203.213	21.924
SEC 4-3	420917.466	711970.776	20.201
PEN 1-1	421140.288	712295.127	21.163
PEN 1-2	421207.633	712929.412	18.733
PEN 2-1	420676.839	712280.046	20.854
PEN 2-2	420734.958	711974.318	19.663

2.3.2.1- Vérification de la précision des appareils topographiques

❖ L'étalonnage du récepteur GNSS et du niveau automatique

Les appareils topographiques, bien qu'essentiels pour la gestion et la planification des réseaux souterrains peuvent être à la base des conflits entre les réseaux en cas de défaillance dans leur utilisation, de manque précision ou de mauvaise gestion des données recueillies. Pour cela, nous procémons à l'étalonnage de ces appareils avant leur utilisation et même en cours d'utilisation de manière périodique. Les figures N°19 et 20 ci-dessous présentent les certificats d'étalonnage du récepteur GNSS et du niveau automatique obtenus après leur étalonnage.

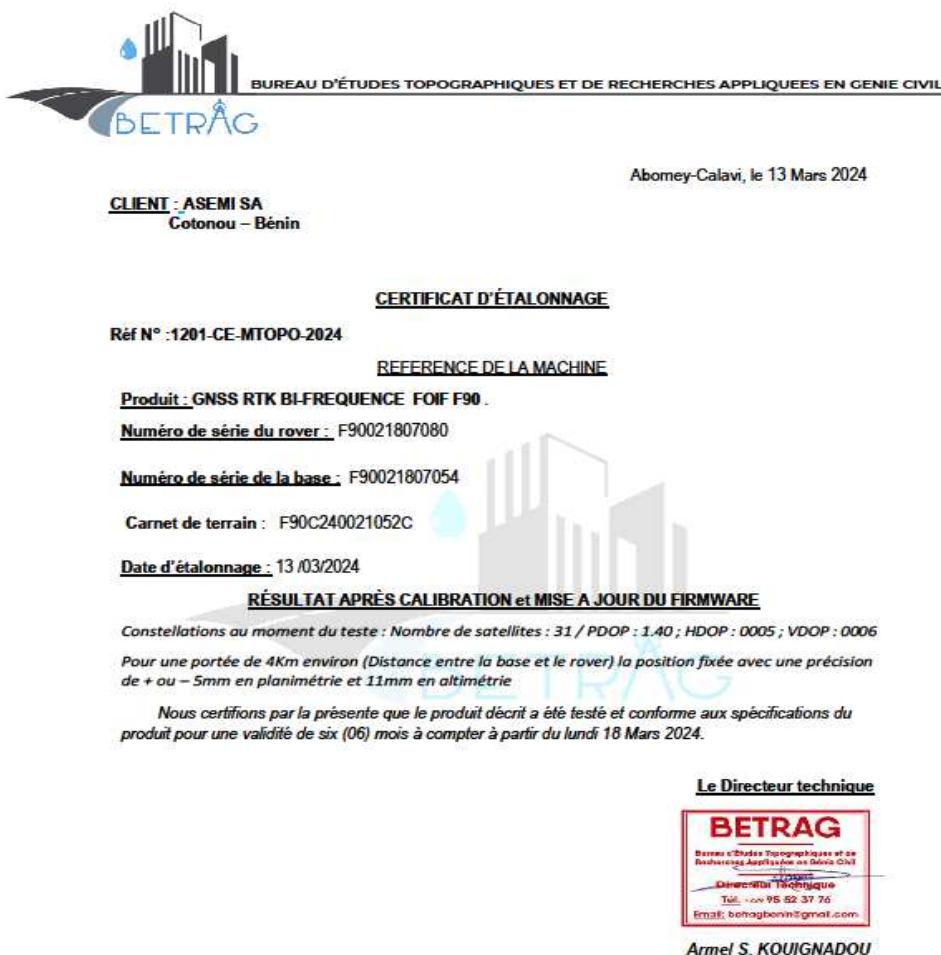


Figure N°19 : Certificat d'étalonnage du récepteur GNSS FOIF A90
Source : ASEMI SA



CLIENT : ASEMI SA

CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE

Réf N° : 0902-CE-MTOPO-2023

Abomey-Calavi, le 08 Février 2023

Nous soussigné BETRAG, distributeur de matériels topographiques certifions que le niveau automatique dont la référence est la suivante :

Marque : LEICA ; Modèle : NA720 ; Numéro de série : 5643154, a été étalonnée et calibrée dans notre atelier.

Après étalonnage, l'appareil ci-dessus référencé satisfait aux normes métrologiques et est apte pour tous travaux topographiques.

Le présent certificat a une validité de six (06) mois à compter du 10 Février 2023.

Le Directeur technique



Armel S. KOUIGNADOU

Bâtiment travaux publics, Topographie et topométrie, Aménagement du territoire, Exploitation de carrières, Système d'information géographique (SIG), Hydraulique, fourniture des matériels bureautiques et topographiques.
Séjour : Abomey, RCCM Rég/Wap/29 A 5664 N°U : 0201910821886 | Compte bancaire : Orabank : 0245990800206
Email : betraghomon@gmail.com | Tél : (+229) 95523776 / 96984729

Figure N°20 : Certificat d'étalonnage du niveau automatique Léica NA720
Source : ASEMI SA

En conclusion, après lecture des fiches d'étalonnage, on constate que la précision inscrite sur les fiches d'étalonnage concorde avec la précision du projet.

❖ **Vérification préliminaire à effectuer sur le récepteur GNSS**

En dehors de l'étalonnage du récepteur GNSS, sa vérification vise à garantir que le matériel est fonctionnel et conforme aux attentes avant son utilisation. Elle comprend une inspection visuelle et matérielle, la mise à jour des logiciels internes et la configuration des paramètres de base comme le système de référence géodésique et le mode de fonctionnement. Nous faisons l'inspection visuelle et matérielle en observant le récepteur, l'antenne, les câbles et autres accessoires pour détecter tout dommage et nous assurer aussi du bon fonctionnement.

des sources d'alimentation. La mise à jour des logiciels du récepteur est essentielle pour garantir ses performances, sa compatibilité avec les nouvelles constellations de satellites et la correction de bugs. Une préparation avant la mise à jour permet d'identifier la version actuelle du firmware, d'accéder au site du fabricant, de télécharger les outils nécessaires et de vérifier les exigences du système. La mise à jour proprement dite consiste à connecter le récepteur, à lancer l'outil de mise à jour, de charger le nouveau firmware et de démarrer la mise à jour. La vérification des paramètres de base permet d'assurer la précision et l'adéquation des mesures avec les exigences du projet. Cela inclut la sélection du mode de positionnement (RTK, post-traitement), la définition du système de référence géodésique et la configuration de projection cartographique. Les seuils de qualité du signal, comme le nombre minimum de satellites et les valeurs de DOP (Dilution Of Precision), sont paramétrés pour assurer des mesures fiables. La connexion au réseau RTK ou à une station de base est également configurée pour les corrections en temps réel, tandis que les données brutes peuvent être enregistrées pour un traitement ultérieur. Enfin, les paramètres liés au géoïde et aux altitudes permettent d'obtenir des résultats adaptés, avec validation sur un point géodésique connu pour vérifier la configuration. Nous avons procédé aux vérifications du PDA et nous avons obtenu la figure N°21 qui présente le paramétrage du PDA du récepteur GNSS FOIF A90 avant les travaux. Elle présente les normes de relevés de d'implantations des points en rapport avec les exigences du projet.

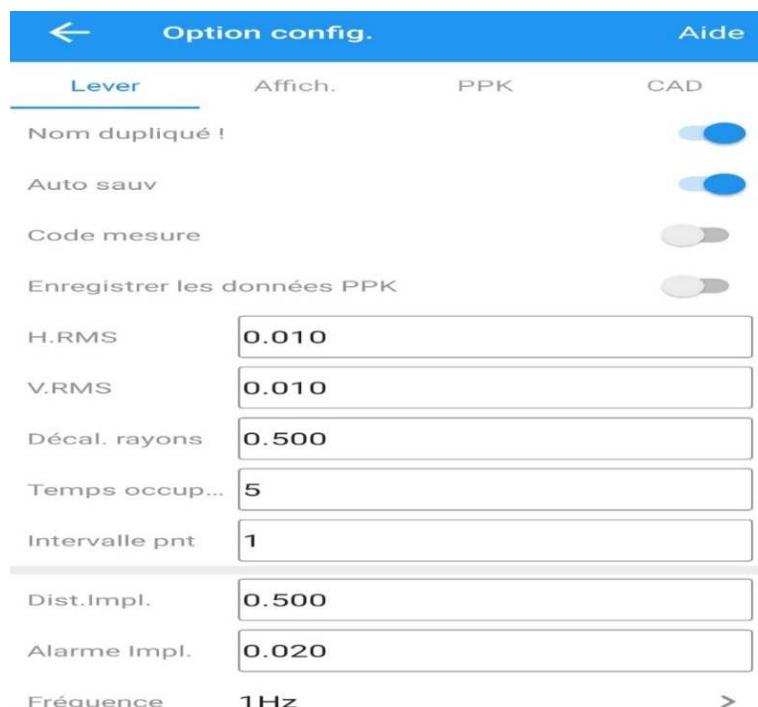


Figure N°21 : Paramétrage du PDA du GNSS FOIF A90 avant le relevé des points

❖ **Vérification préliminaire à effectuer sur le niveau automatique**

Tout comme le récepteur GNSS, il est essentiel de procéder à des vérifications sur le niveau automatique avant son utilisation pour garantir la fiabilité des mesures. Cette vérification inclut l'inspection de l'état général de l'instrument, du compensateur, du trépied et de la mire, ainsi que le contrôle de la netteté du viseur et de la stabilité de la bulle à 360°. Nous faisons l'inspection de l'état général de l'instrument en vérifiant s'il est en bon état pour l'utilisation. Nous vérifions également que le compensateur interne bouge librement en inclinant doucement l'instrument dans différentes directions. Des tests de collimation et de niveling permettent de nous assurer de la précision de l'appareil. Le test de collimation permet de vérifier que la ligne de visée est perpendiculaire à l'axe horizontal de l'instrument. Enfin le contrôle de netteté du niveau consiste à s'assurer que l'image observée par le viseur est bien claire et précise. Cela débute par une inspection de l'objectif pour vérifier qu'il est propre et sans dommages, suivie de l'ajustement de la vis de mise au point jusqu'à ce que l'image du réticule et des graduations de la mire soient nettes.

Les différentes vérifications effectuées sur les appareils topographiques permettent de conclure que les instruments sont en parfait état de fonctionnement et prêts pour les mesures précises sur le terrain.

2.3.2.2- Vérification de la précision des bornes de polygonation

Le Cahier des Charges Techniques Particulières (CCTP) du projet a prévu une tolérance en positionnement et en verticalité de ± 10 mm pour l'observation de la polygonation des bornes de références PERENNES et une tolérance en positionnement et en verticalité de ± 10 mm pour l'observation de la polygonation des bornes secondaires. Pour nous assurer de la précision des coordonnées des bornes PERENNES et secondaires observées avant notre arrivée, nous avions procédé à leur vérification. Pour les bornes de références PERENNES, nous avions choisi deux bornes géodésiques du second ordre dans la zone du projet dont les coordonnées sont obtenues auprès de l'IGN (Figures N°22 et 23). Pour observer ces bornes de polygonation, nous avions mis en station le récepteur GNSS à équidistance entre les bornes de calage et celles d'observations. Nous avions fait le calage du GNSS sur la borne IGN-TBT puis contrôlé la borne IGN-TKG. L'écart en planimétrie et en altimétrie obtenu entre ces deux bornes est inférieur à ± 10 mm. Nous avions ensuite procédé à l'observation des bornes de références

PERENNES et secondaires en planimétrie et en altimétrie du site sur un temps d'observation prolongé de quinze minutes par borne. Pendant les quinze minutes d'observation, chaque borne est relevée trois fois soit à toutes les cinq minutes. Les coordonnées obtenues pour les trois relevés sont très proche les unes des autres. Nous avions alors procédé à leurs moyennes pour obtenir les coordonnées définitives de chaque borne. Après le relevé, nous avions constaté que les écarts au niveau des coordonnées planimétriques et altimétriques de ces bornes sont dans la tolérance permise par le projet. Nous avions quand même décidé de procéder à la vérification altimétrique de ces bornes avec un niveau automatique de marque Léica NA720 étalonné et mis à notre disposition en utilisant la méthode du cheminement fermé aller-retour.

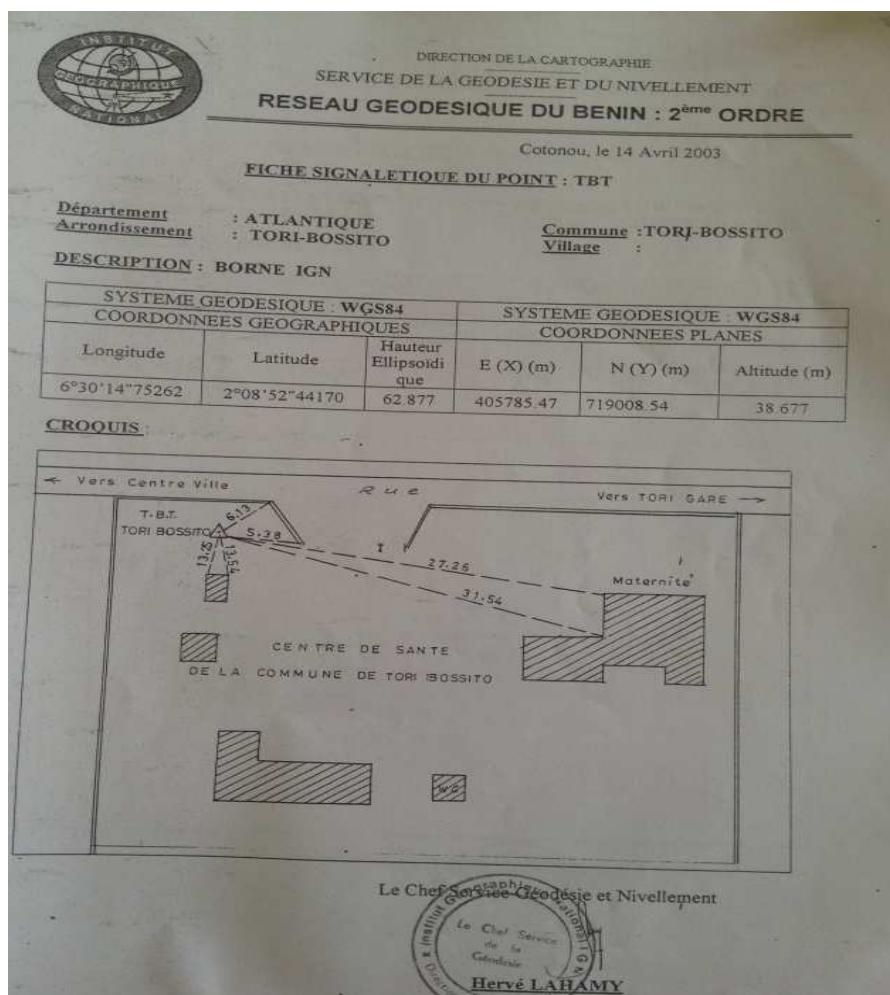


Figure N°22 : Fiche signalétique de la borne IGN-TBT
Source : IGN, Avril 2003



Figure N°23 : Fiche signalétique de la borne IGN-TKG
Source : IGN, Avril 2003

2.3.2.3- Implantation des coordonnées sur le terrain

Le calage du récepteur GNSS sur une borne de référence PERENNE et contrôlé par au moins une borne du même ordre précède les implantations des points constituant le réseau sur le terrain. La précision exigée pour le calage de l'instrument est de l'ordre de 10 mm en planimétrie comme en altimétrie. Après le calage, le récepteur GNSS est utilisé pour implanter les axes des réseaux et donner la profondeur à atteindre avant la fouille. Une fois la fouille terminée, nous implantons à nouveau les axes du réseau en planimétrie avec le récepteur GNSS. Le niveau automatique intervient à ce niveau après son calage sur une borne de polygonation secondaire pour donner la cote fond de fouille pour ce qui concerne les réseaux divers et la cote fond de fouille et béton de propreté pour ce qui concerne les réseaux d'assainissement afin d'obtenir une plus grande précision. La fouille sera donc réglée sur la base des informations planimétriques et altimétriques en attendant la réception topographique.



Photo N°2 : Calage du GNSS FOIF A90 avant les travaux sur la borne SL03



Photo N°3 : Implantation de l'axe d'un point du réseau éclairage public après la fouille

2.3.2.4- Réception de l'implantation par la mission de contrôle

Une fois la fouille démarée, une demande de réception de l'implantation est envoyée au maître d'œuvre du projet. Une fois le réglage de la fouille terminé, le maître d'œuvre envoie un membre de son équipe pour la réception de l'implantation, du fond de fouille et du béton de propreté selon le cas. Les instruments ayant servi au réglage sont donc utilisés pour la réception des travaux. Un procès-verbal de réception est donc établi et signé par les deux parties à la fin de la réception conformément à la fiche de réception ci-dessous.

APPROCHE TOPOGRAPHIQUE DANS LA GESTION DES CONFLITS DES RESEAUX SOUTERRAINS
DE L'ASSAINISSEMENT ET DIVERS DANS LE CADRE DU PROJET DE CONSTRUCTION DE 10 396
LOGEMENTS SOCIAUX A OUEDO, COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI.

GROUPEMENT CAF - BESMI - BAGSI			MISSION DE CONTRÔLE Koffi & Diabaté © BGS							
LOT 4 : VIABILISATION SECONDAIRE ET TERTIAIRE DES ILOTS 3, 4, 7 ET 8			FICHE DE RECEPTION RUES : Voie Transversale (Ilot 4)			Pages :				
			Phase d'ouvrage : Reception de l'implantation et du fond de fouille regards eaux pluviales							
			Section : du point RAV 730 au point RAV 723							
POINTS	COORDONNEES RELEVEES			COORDONNEES PROJET			ECART X (MM)	ECART Y (MM)	ECART Z (MM)	OBSERVATIONS
SL03	420402,027	711258,081	19,212	420402,026	711258,079	19,210	+1	+2	+2	
RAV730	421157,806	712125,115	17,184	421157,808	712125,116	17,180	-2	-1	+4	
RAV729	421179,425	712138,453	17,309	421179,427	712138,449	17,310	-2	+4	-1	
RAV728	421198,940	712150,412	17,446	421198,942	712150,410	17,450	-2	+2	-4	
RAV727	421213,983	712159,763	17,513	421213,983	712159,760	17,510	0	+3	+3	
RAV726	421233,940	712172,066	17,630	421233,942	712172,068	17,630	-2	-3	0	
RAV725	421251,910	712183,150	17,751	421251,913	712183,153	17,750	-3	-3	+1	
RAV724	421274,793	712197,261	17,878	421274,793	712197,263	17,870	0	-2	+3	
RAV723	421285,730	712204,006	17,943	421285,729	712204,008	17,940	+1	-2	+3	
Pour le Groupement CAF Joué H. TOPO ASEMI			Date : 29/12/2023			Pour la Mission de Contrôle BOKOSSA T. Alain				

GROUPEMENT CAF - BESMI - BAGSI			MISSION DE CONTRÔLE Koffi & Diabaté © BGS					
VIABILISATION SECONDAIRE ET TERTIAIRE DES ILOTS 3, 4, 7 ET 8			FICHE DE RECEPTION ALTIMETRIQUE Reception côté béton de propreté regards eaux pluviales voie Transversale (Ilot 4)					
Points	LAR	LAV	Côtes relevées	Côtes projet	Ecart (mm)	Observations		
SEC 1-5	1130			19,879		Ht = 21,000		
RAV 730		3724	17,285	17,280	+5			
RAV 729		3655	17,354	17,360	-6			
RAV 728		3513	17,496	17,500	-4			
RAV 727		3446	17,563	17,560	+3			
RAV 726		3326	17,683	17,680	+3			
RAV 725		3207	17,802	17,800	+2			
RAV 724		3092	17,917	17,920	-3			
RAV 723		3022	17,987	17,990	-3			
Date : 29/12/2023								
Pour le Groupement CAF Joué H. TOPO ASEMI				Pour la Mission de Contrôle BOKOSSA T. Alain				

Photo N°4 : Fiches de réceptions de l'implantation, fond de fouille et béton de propreté sur la voie transversale Ilot 4

2.3.3- Méthodes de traitement des données

2.3.3.1- Calcul des écarts planimétriques et altimétriques des bornes observées avec le récepteur GNSS

Afin de nous assurer des coordonnées planimétriques et altimétriques des bornes de références PERENNES et de la polygonation secondaire relevées sur le site, nous les avons comparé avec celles du projet mises à notre disposition. Le tableau N°10 de la page 55 présente les écarts obtenus entre ces bornes. Ces écarts nous ont permis ensuite de calculer les erreurs de positionnement (Ep) et de verticalité (Ev) en chaque point d'observation. Le tableau N°11 de la page 57 présente le calcul des erreurs de positionnement et de verticalité de quelques bornes de références PERENNES et de la polygonation secondaire.

2.3.3.2- Calcul du cheminement fermé aller-retour des bornes de références PERENNES

Le tableau N°12 de la page 58 montre le calcul du cheminement aller-retour des bornes de références PERENNES du site. La dénivellation (ΔZ) entre deux points est obtenue en faisant la différence entre la lecture arrière (L_{AR}) et la lecture avant (L_{AV}). L'écart de fermeture (ef) obtenu après les observations aller et retour est obtenu en faisant la somme algébrique des dénivellées. Pour être sûr de nos observations, nous calculons la tolérance et nous la comparons à l'écart de fermeture. Nous calculons ensuite la moyenne des dénivellées des observations aller-retour en choisissant un sens d'observation. L'altitude des points est obtenue en additionnant les dénivellées et les altitudes à partir de l'altitude du point de référence connu.

Tableau N°10 : Vérification de la précision des bornes de références PERENNES et de la polygonation secondaire

Bornes de référence PERENNE									
COORDONNEES PROJET				COORDONNEES OBSERVEES			Ecart		
Bornes	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
SL01	421320.538	712423.156	21.724	421320.534	712423.159	21.721	-0.004	+0.003	-0.003
SL02	421383.179	711325.298	9.545	421383.184	711325.296	9.546	+0.005	-0.002	+0.001
SL03	420402.026	711258.079	19.210	420402.024	711258.076	19.203	-0.002	-0.002	-0.007
SL04	419788.751	711191.400	16.001	419788.752	711191.401	16.004	+0.001	-0.004	+0.003
SL05	419661.977	712343.829	19.085	419661.972	712343.828	19.079	-0.005	-0.001	-0.006
SL06	420333.574	712381.343	19.679	420333.572	712381.347	19.677	-0.002	+0.004	-0.002
Polygonation secondaire									
SEC 1-1	420428.499	712055.350	18.050	420428.505	712055.342	18.055	+0.006	-0.008	+0.005
SEC 1-2	420534.697	712083.728	18.482	420534.690	712083.733	18.484	-0.007	+0.005	+0.002
SEC 1-3	420714.239	712065.276	20.097	420714.233	712065.270	20.102	-0.006	-0.006	+0.005
SEC 1-4	420877.991	712093.188	21.416	420877.996	712093.180	21.420	+0.005	-0.008	+0.004
SEC 1-5	421127.353	712101.163	19.879	421127.355	712101.160	19.886	+0.002	-0.003	+0.007

**APPROCHE TOPOGRAPHIQUE DANS LA GESTION DES CONFLITS DES RESEAUX SOUTERRAINS
DE L'ASSAINISSEMENT ET DIVERS DANS LE CADRE DU PROJET DE CONSTRUCTION DE 10 396
LOGEMENTS SOCIAUX A OUEDO, COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI.**

SEC 1-6	421164.513	712091.018	19.157	421164.519	712091.016	19.162	+0.006	-0.002	+0.005
SEC 2-1	420649.907	711797.817	17.673	420649.906	711797.812	17.670	-0.001	-0.005	-0.003
SEC 2-2	420892.448	711778.993	19.007	420892.455	711778.999	19.005	+0.008	+0.006	-0.005
SEC 2-3	420200.583	711812.854	17.580	420200.586	711812.850	17.588	+0.003	-0.004	+0.008
SEC 2-4	421307.037	711797.079	17.762	421307.030	711797.071	17.769	-0.007	-0.008	+0.006
SEC 4-1	420893.615	712344.719	21.804	420893.620	712344.726	21.800	+0.005	+0.007	-0.004
SEC 4-2	420879.990	712203.213	21.924	420879.996	712203.217	21.920	+0.006	+0.004	-0.004
SEC 4-3	420917.466	711970.776	20.201	420917.463	711970.782	20.210	-0.003	+0.006	+0.008
PEN 1-1	421140.288	712295.127	21.163	421140.281	712295.121	21.169	-0.007	-0.006	+0.006
PEN 1-2	421207.633	712929.412	18.733	421207.630	712929.420	18.739	-0.003	+0.008	+0.006
PEN 2-1	420676.839	712280.046	20.854	420676.845	712280.050	20.850	+0.006	+0.004	-0.004
PEN 2-2	420734.958	711974.318	19.663	420734.952	711974.311	19.669	-0.006	-0.007	+0.006

Tableau N°11 : Calcul des erreurs de positionnement et de verticalité de quelques bornes de références PERENNES et de la polygonation secondaire

Bornes	Ecarts			$Ep = \sqrt{X^2 + Y^2}$ (mm)	$Ev = z $ (mm)
	X	Y	Z		
SL01	-0.004	+0.003	-0.003	5	3
SL02	+0.005	-0.002	+0.001	5	1
SL03	-0.002	-0.002	-0.007	3	7
SL04	+0.001	-0.004	+0.003	4	3
SL05	-0.005	-0.001	-0.006	5	6
SL06	-0.002	+0.004	-0.002	4	2
SEC 1-4	+0.005	-0.008	+0.004	9	4
SEC 1-5	+0.002	-0.003	+0.007	4	7
SEC 1-6	+0.006	-0.002	+0.005	6	5
PEN 1-2	-0.003	+0.008	+0.006	8	6
PEN 2-1	+0.006	+0.004	-0.004	7	4
PEN 2-2	-0.006	-0.007	+0.006	9	6

D'après ce tableau, nous remarquons que les écarts en X, Y et Z obtenus sont inférieurs ou égal aux erreurs de positionnement et de verticalité ainsi calculées. On peut conclure donc que les coordonnées des bornes de polygonation PERENNES et secondaires observées avant notre arrivée sont précises.

Tableau N°12 : Calcul du cheminement fermé aller-retour des bornes de références PERENNES

CALCUL DU CHEMINEMENT FERME ALLER-RETOUR DES BORNES DE REFERENCES PERENNES												
ALLER					RETOUR					ΔZmoy	Z(m)	Pts
Pts	LAR (m)	LAV (m)	ΔZ1 (LAR- LAV)	ΔZ1 comp	Pts	LAR (m)	LAV (m)	ΔZ2 (LAR- LAV)	ΔZ2 comp			
SL01	1,257				SL01	2,112					21,721	SL01
			-3,057	-3,0579				-0,444	-0,4439	-3,058		
PP	1,319	4,314			PP	1,239	2,556				18,663	PP
			-3,208	-3,2089				-0,601	-0,6008	-3,209		
PP	1,704	4,527			PP	1,612	1,840				15,454	PP
			-2,907	-2,9079				-0,487	-0,4869	-2,909		
PP	0,996	4,611			PP	1,899	2,099				12,545	PP
			-2,998	-2,9989				-0,511	-0,5109	-2,999		
SL02	4,756	3,994			SL06	1,511	2,410				9,546	SL02
			2,414	2,4133				-0,137	-0,1370	2,413		
PP	3,373	2,342			PP	1,538	1,648				11,959	PP
			2,519	2,5183				-0,173	-0,1730	2,517		
PP	3,478	0,854			PP	1,614	1,711				14,476	PP
			2,389	2,3883				-0,134	-0,1340	2,387		
PP	3,998	1,089			PP	1,845	1,748				16,863	PP
			2,340	2,3393				-0,153	-0,1530	2,340		
SL03	1,857	1,658			SL05	1,702	1,998				19,203	SL03
			-0,802	-0,8022				-0,626	-0,6258	-0,802		
PP	1,293	2,659			PP	1,379	2,328				18,401	PP
			-0,859	-0,8593				-0,808	-0,8078	-0,860		
PP	2,568	2,152			PP	1,238	2,187				17,541	PP
			-0,795	-0,7952				-0,877	-0,8768	-0,796		
PP	2,250	3,363			PP	1,368	2,115				16,745	PP
			-0,742	-0,7422				-0,764	-0,7638	-0,741		
SL04	2,846	2,992			SL04	1,977	2,132				16,004	SL04
			0,765	0,7648				0,740	0,7402	0,764		
PP	3,234	2,081			PP	2,356	1,237				16,768	PP
			0,878	0,8777				0,797	0,7972	0,878		
PP	2,987	2,356			PP	2,056	1,559				17,646	PP
			0,808	0,8078				0,861	0,8612	0,808		
PP	2,455	2,179			PP	2,498	1,195				18,454	PP
			0,624	0,6238				0,801	0,8012	0,625		
SL05	1,859	1,831			SL03	1,369	1,697				19,079	SL05
			0,155	0,1550				-2,342	-2,3414	0,154		
PP	1,788	1,704			PP	1,136	3,711				19,233	PP

			0,133	0,1330				-2,387	-2,386	0,133		
PP	1,978	1,655			PP	1,035	3,523				19,366	PP
			0,173	0,1729				-2,518	-2,5178	0,173		
PP	1,698	1,805			PP	0,987	3,553				19,539	PP
			0,139	0,1390				-2,413	-2,4124	0,138		
SL06	2,059	1,559			SL02	3,853	3,400				19,677	SL06
			0,512	0,5119				2,996	2,9968	0,512		
PP	1,951	1,547			PP	3,904	0,857				20,189	PP
			0,484	0,4839				2,909	2,9098	0,488		
PP	1,812	1,467			PP	3,962	0,995				20,677	PP
			0,601	0,6008				3,207	3,2078	0,601		
PP	2,021	1,211			PP	4,123	0,755				21,278	PP
			0,443	0,4429				3,056	3,0568	0,443		
SL01		1,578			SL01		1,067				21,721	SL01
Σ			30,745		Σ			30,742				
ef			0,009	0	ef			-0,008	0	0		

$$ef = \sum \Delta Z^+ + \sum \Delta Z^- \quad (1) \quad \Delta Z_{comp} = \frac{-ef * |\Delta Z|}{|\sum \Delta Z|} \quad (2) \quad Z = Zi - \Delta Z \quad (3)$$

La tolérance T est obtenue par la formule : $T = k * \sqrt{D}$ (4) ; $T = 3 * \sqrt{9,523}$; $T = 9.3\text{mm}$ avec

k : coefficient dépendant du type de nivellation. Selon les normes internationales ISO 17123 pour le nivellation et la géodésie, k = 3mm/km pour les travaux ordinaires de précision ;

D : Distance totale de parcours de nivellation en kilomètres.

Après analyse du tableau, nous remarquons que les écarts de fermeture obtenus au niveau des observations en aller et retour sont inférieurs à la tolérance. On peut donc conclure que les informations planimétriques et altimétriques obtenues auprès du maître d'œuvre sont exactes.

II.4- MATERIELS ET METHODES DE L'ANALYSE DES CAUSES LIEES AU CONFLIT DES RESEAUX EN PRESENTANT TROIS CAS PRATIQUES DE GESTION DE CONFLITS

2.4.1- Matériels de collecte des données

2.4.1.1- Le logiciel Mensura Genius

Mensura Genius est un logiciel spécialisé utilisé principalement dans les domaines de la topographie et du génie civil, tout particulièrement pour la gestion et l'analyse des données topographiques. Selon Dufresne et al. (2017), Mensura Genius facilite la conception des réseaux grâce à ses fonctionnalités avancées de modélisation en 3D, permettant de gérer les relations spatiales entre les différentes infrastructures. Son utilité en topographie se remarque sous plusieurs aspects :

Gestion des Données Topographiques : Mensura Genius permet de collecter, organiser, et traiter les données topographiques provenant de différentes sources telles que les GNSS, les stations totales, et les drones. Il facilite la gestion des points relevés, des lignes et des surfaces pour une analyse approfondie ;

Calculs et Compensation : Le logiciel offre des outils pour effectuer des calculs topographiques avancés, comme le calcul des surfaces, des volumes, des distances et des angles. Il inclut également des fonctionnalités pour la compensation de polygones, assurant ainsi une précision optimale des relevés topographiques ;

Modélisation Numérique de Terrain : Mensura Genius permet de générer des Modèles Numériques de Terrain à partir des données collectées. Ces modèles sont essentiels pour visualiser les variations du terrain, analyser les pentes, et prévoir les mouvements de terre nécessaires pour un projet ;

Génération de Plans Topographiques : Le logiciel facilite la création de plans topographiques détaillés, incluant les courbes de niveau, les bornes, les limites de propriété et d'autres éléments géographiques. Ces plans peuvent être exportés pour une utilisation dans d'autres logiciels de CAO ou SIG ;

Calcul de Volumes de Terrassement : Mensura Genius est particulièrement utile pour les calculs de volumes de terrassement, une tâche essentielle dans les projets de construction et d'infrastructure. Il permet d'estimer avec précision les quantités de déblais et de remblais nécessaires ;

Conception et Aménagement de Projets : Le logiciel propose des fonctionnalités pour la conception de projets d'infrastructure tels que les routes, les canalisations et les bâtiments. Il prend en compte les contraintes topographiques pour aider à concevoir des solutions optimales en termes d'aménagement ;

Dans le présent travail, le logiciel Mensura Genius nous a aidé à concevoir et modéliser les réseaux souterrains adaptés aux contraintes topographiques, à analyser automatiquement les conflits entre les réseaux, à intégrer les données topographiques et MNT pour une implantation précise des réseaux et à proposer des outils de simulation pour tester et optimiser différentes solutions.

2.4.1.2- Les plans validés par le maître d'ouvrage délégué

Les plans validés reflètent les choix techniques et les ajustements faits durant la phase de conception et de validation. Ils nous ont permis de repérer les endroits où différents réseaux peuvent se croiser ou rentrer en conflits. Ils ont permis également de faire une comparaison avec les données collectées. En comparant les prévisions et la réalité de la mise en œuvre, nous avions pu identifier certains écarts qui pourraient être source de conflits.

2.4.2- Méthodes de collecte des données

2.4.2.1- Exploitation des plans et des bases de données

Les plans validés par le maître d'ouvrage délégué contiennent des informations planimétriques et altimétriques essentielles que nous avions utilisé pour obtenir la position précise des réseaux souterrains. Les bases de données regroupent souvent des informations historiques et techniques sur les réseaux existant, y compris les caractéristiques dimensionnelles, les matériaux et les emplacements. Ces informations nous ont permis de comprendre la disposition des réseaux et de prévoir les zones potentiellement conflictuelles avant les interventions.

2.4.2.2- Questionnaires auprès des parties prenantes

Une discussion régulière avec les parties prenantes nous a permis d'obtenir des informations précises sur les défis et les conflits qu'ils rencontrent. Ces questions concernent notamment les contraintes techniques liées aux infrastructures, les raisons derrière certains choix d'implantation de réseaux, les difficultés pratiques qui surviennent sur le terrain, les types de dommages fréquents sur les réseaux et sur des éléments qui ne sont pas toujours documentés. Les questionnaires nous ont aussi permis de recueillir des avis quantitatifs sur des propositions d'améliorations ou des méthodes spécifiques de résolution de conflits.

2.4.3- Méthodes de traitement des données

2.4.3.1- Modélisation avec le logiciel Mensura Genius

- **Identification et gestion des conflits**

Grâce aux fonctionnalités d'analyse spatiale de Mensura, nous avons pu vérifier automatiquement les interactions entre les réseaux et détecter les conflits potentiels (interférences, croisements non conforme). La configuration des règles de tolérance pour les espaces minimaux nécessaires entre les réseaux a permis d'automatiser la détection des conflits selon des critères précis comme la distance de sécurité et la profondeur minimale. La visualisation 3D des réseaux a facilité par la suite l'identification visuelle des zones de conflits. Cette visualisation permet de comprendre des interférences et préparer des solutions de déplacement ou d'ajustement des réseaux.

- **Elaboration de solutions et modification de la modélisation**

Après l'identification des conflits, le logiciel a permis de modifier les tracés des réseaux conflictuels en repositionnant certains segments, en ajustant la profondeur des canalisations ou rediriger des réseaux. Nous pouvons ainsi tester plusieurs réseaux pour les conflits identifiés et les évaluer en temps réel dans la simulation 3D pour vérifier leur efficacité. Une fois les modifications réalisées, nous vérifions à nouveau les interactions pour confirmer que les conflits sont résolus.

2.4.3.2- Etude des causes de conflits

Les conflits rencontrés au cours de notre étude sont de trois ordres : les conflits techniques, les conflits organisationnels et les conflits physiques.

▪ Les conflits techniques

Selon MOKHTARI Mohamed et all. (2018), un conflit technique se produit lorsque les caractéristiques géométriques et fonctionnelles des réseaux ne respectent pas les exigences spécifiques de conception ou de fonctionnement, ce qui entraîne des interférences directes ou des incompatibilités entre les infrastructures. Pour cela, HASSAN Hussein et all. (2020) soulignent l'importance de maintenir une pente adéquate dans les réseaux gravitaires comme ceux d'assainissement tout en tenant compte des contraintes imposées par d'autres réseaux. Dans le cadre de notre étude, nous avions rencontré des cas où certains réseaux se sont interférés en positionnement : un regard est prévu être installé dans l'emplacement exact où passe déjà un autre réseau. La photo N°5 montre un conflit de positionnement entre le réseau AEP et le réseau eaux usées. Le réseau AEP étant précédemment réalisé et réceptionné se retrouve dans l'emplacement d'un regard eaux usées sur la plateforme 4.4. La photo N°6 présente le réseau AEP et le réseau eaux usées prévus par le projet.



Photo N°5 : Conflit entre le réseau AEP et le réseau eaux usées sur la plateforme 4.4

Photo N°6 : Pose des réseaux AEP et eaux usées prévue par le projet sur la plateforme 4.4

D'un autre côté, des conflits en verticalité sont observés où des réseaux situés à différentes hauteurs se retrouvent trop proches les uns des autres ou bien interfèrent de manière inadéquate en terme d'altitude. La photo N°7 montre la présence d'un conflit en verticalité entre le réseau eaux pluviales de conduite PEHD Ø600 et un réseau AEP précédemment réalisé et

réceptionné relié par des tuyaux PVC75. Le réseau eaux pluviales quittant la plateforme 7.6 de l'ilot 7 et devant se raccorder à un autre précédemment réalisé sur la voie secondaire 2.



Photo N°7 : Conflit entre les réseaux eaux pluviales et AEP sur la voie secondaire 2

▪ **Les conflits organisationnels**

Les conflits organisationnels sont des dysfonctionnements liés à une mauvaise communication ou à un manque de collaboration entre les parties prenantes d'un projet, qui entraînent des retards, des erreurs de planification et des coûts supplémentaires (Gomez L. et Ramirez S., 2014). Pour Marzouk OTHMAN. (2016), les conflits organisationnels surviennent souvent lorsque plusieurs intervenants (maîtres d'ouvrage, maître d'œuvre, sous-traitants etc...) ont des objectifs ou des priorités divergents, ce qui complique la coordination des projets d'infrastructures souterraine. Pour notre projet, avouons que cet état de chose a été remarqué au début du projet où chaque intervenant pouvait définir et intervenir dans un espace qui lui est favorable ou ne présente pas d'obstacle sans tenir compte des priorités dans la réalisation des réseaux souterrains. Du regard vers un autre angle, certaines erreurs de conception et de planification ont été observées entraînant des malentendus ou des désaccords au sein des parties prenantes. Par exemple, pour parvenir à une bonne gestion et disposition des réseaux souterrains du projet, un principe de positionnement des réseaux est énuméré et intégré dans le plan de synthèse (Figure N°24). Ce principe défini la profondeur de chaque réseau et son positionnement par rapport aux bâtiments. La phase d'études du projet a permis de comprendre que ce principe n'est pas adopté dans tous les cas. Les réseaux sont confectionnés séparément et leur mise en commun dans un plan de synthèse a présenté des conflits. Compte tenu de

l'envergure du projet, plusieurs entreprises sont sollicitées pour l'exécution des travaux. Le manque de coordination entre les parties prenantes a aussi contribué à la cause des conflits des réseaux en raison de la complexité et de l'interdépendance des acteurs impliqués dans le projet. Il est remarqué que certains plans validés connaissent des modifications pendant que les travaux sont en cours d'exécution ou même que la zone modifiée soit déjà exécutée. Par exemple, le plan d'exécution de réseau eaux pluviales de l'ilot 4 a subi des modifications par l'entreprise susceptible de réaliser la voirie pendant que l'entreprise devant réaliser ce réseau est en pleine exécution.

PRINCIPE DE POSITIONNEMENT DES RESEAUX ACTUALISE - LOT 4 IB

	FRANZETTI	ASEMI					
		AEP	BT	TEL	EU	MT	ECL
Profondeur	-1.2	- 1 m	- 1 m	variable (dépend du calage des fils d'eau).	- 1,2 m	- 1,2 m	variable (dépend du calage des fils d'eau)
Position de l'axe par rapport aux bâtiments	0,6 m	1 m	1,4 m	2,2 m	Variable	Variable	Variable



- Remarques :*
- Les positions en plans peuvent varier en fonction des contraintes gérées par la coordination de tous les réseaux.
 - Les cotes de poses du réseaux d'AEP varie de -0.8 à -1.5m afin d'éviter d'éventuelles conflits avec les réseaux d'assainissement.
 - Les cotes de pose des réseaux secs peuvent subir des modifications au droit des points de contact avec d'autres réseaux de même cote afin d'éviter le chevauchement.
 - Les cotes de poses de chaque réseaux sont transmis à la mission de contrôle avant chaque réception

Figure N°24 : Principe de positionnement des réseaux souterrains
Source : Cahier des charges urbaines ; K&D, Mars2018

▪ Les conflits physiques

Pour HASSAN Hussein et all. (2018), les conflits physiques sont amplifiés dans les zones urbaines denses où l'espace est limité, nécessitant une coordination rigoureuse des emplacements des réseaux pour éviter les problèmes d'interférences. MOKHTARI Mohamed et all. (2015) ajoutent que ces conflits se produisent souvent en raison d'une planification insuffisante ou des plans non coordonnés, entraînant des collisions spatiales entre les différents réseaux. Pour ce qui nous concerne, en raison de la quantité des réseaux, de la taille des rues et du manque d'espace sur certaines plateformes, certains réseaux ont dû être rapprochés afin de mieux gérer l'espace. Par exemple la rue N°4 qui a une emprise de 9 mètres et dont la chaussée est de 3,50 mètres doit recevoir 8 différents réseaux. L'implantation des points d'axe du réseau BT sur la rue 6 a montré que ce réseau est à 30 cm de la limite des bâtiments alors que le principe de positionnement des réseaux a prévu 1 mètre. De même, sur la rue N°2, les regards du réseau eaux usées sont pratiquement accolés à la limite des bâtiments (Photo N°8). Il faut remarquer aussi que le diamètre de certains tuyaux posés à des endroits donnés ne respecte pas ce qui est prévu sur le plan. Par exemple, sur la voie transversale, il est remarqué que c'est un tuyau PVC 200 qui est utilisé pour enrober le tuyau du réseau AEP, ce qui empiète sur l'emplacement du réseau télécom (Photo N°9). Le non-respect de ces règles et normes précédemment élaborées constitue un facteur de conflits entre les réseaux.



Photo N°8 : Espace entre un regard eaux usées et la limite du bâtiment sur la rue N°2



Photo N°9 : Tuyau PVC 200 utilisé pour protéger un tuyau AEP PVC 63 sur la voie transversale

CHAPITRE III : RESULTATS, ANALYSES ET DISCUSSIONS

Cette section de l'étude présentera d'abord les résultats obtenus, les analyses effectuées et les discussions menées permettant de répondre aux objectifs spécifiques définis. Elle marquera également les diverses difficultés, tant techniques qu'opérationnelles qui ont influencé certaines étapes du processus. Enfin, des suggestions et recommandations pratiques seront formulées en vue d'améliorer les pratiques de gestion des conflits des réseaux, offrant ainsi des pistes pour des études ou projets futurs.

III.1- RESULTATS

3.1.1- Utilisation des plans validés par le maître d'ouvrage délégué pour l'extraction des coordonnées planimétriques et altimétriques

L'utilisation des plans validés et du MNT nous a permis d'obtenir les coordonnées planimétriques et altimétriques précises pour chaque réseau afin de les implanter de manière exacte sur le terrain ; essentiel pour éviter les erreurs lors de l'implantation et pour prévenir les conflits avec d'autres réseaux (Figure N°25 et Tableau N°13). Ces données ont permis une meilleure optimisation du tracé des réseaux en assurant le respect des pentes nécessaires pour un bon écoulement des réseaux d'assainissement avec d'autres réseaux. Ces coordonnées sont par la suite superposées dans le plan de synthèse des réseaux afin de vérifier à nouveau des éventuelles incohérences avant d'être implantées sur le terrain.

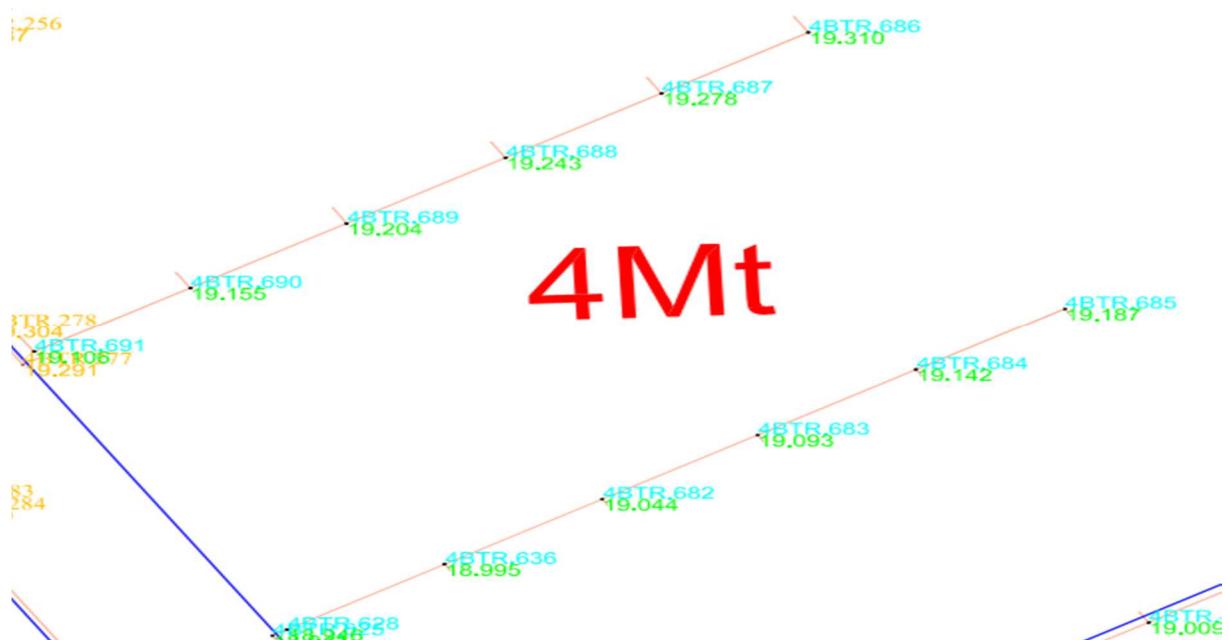


Tableau N°13 : Tableau de points de coordonnées extraites à partir du plan du réseau BTR Ilot4

Points	X	Y	Z
4BTR.625	421263.430	712239.377	18.941
4BTR.628	421264.260	712239.886	18.946
4BTR.636	421273.122	712245.360	18.995
4BTR.682	421281.991	712250.832	19.044
4BTR.683	421290.722	712256.223	19.093
4BTR.684	421299.641	712261.729	19.142
4BTR.685	421307.995	712266.885	19.187
4BTR.686	421293.585	712290.032	19.310
4BTR.687	421285.308	712284.939	19.278
4BTR.688	421276.543	712279.546	19.243
4BTR.689	421267.607	712274.048	19.204
4BTR.690	421258.808	712268.633	19.155
4BTR.691	421250.024	712263.229	19.106

3.1.2- Utilisation du récepteur GNSS et du niveau automatique pour l'implantation des réseaux

3.1.2.1- Vérification de la précision des points implantés sur le terrain

Après l'implantation des points représentant la ligne des réseaux à poser sur le terrain et leur réception par la mission de contrôle, ces points sont relevés en vue de leur récolement. Afin de nous assurer de la précision des points implantés sur le terrain, nous procédons au relevé de ces mêmes points. Le tableau N°14 présente quelques points projet implantés sur le terrain et ces mêmes points relevés ainsi que leur écart après la pose du réseau Télécom sur la Voie Transversale de l'ilot 4. L'analyse du tableau permet de comprendre que les écarts obtenus en X, Y et Z n'excèdent pas $\pm 10\text{mm}$. Ces écarts serviront ensuite à calculer les écarts de positionnement et de verticalité avant d'être comparés à la tolérance exigée dans le CCTP.

Tableau N°14 : Comparaison entre les coordonnées projet et relevées après récolelement d'une partie du réseau Télécom

COORDONNEES PROJET (IMPLANTATION)				COORDONNEES RELEVEES (RECOLEMENT)			ECARTS		
Points	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
4T.1112	421360.133	712271.401	19.216	421360.128	712271.396	19.222	-0.005	-0.005	+0.006
4T.1113	421295.421	712205.265	18.839	421295.417	712205.261	18.835	-0.004	-0.004	-0.004
4T.1114	421281.073	712196.402	18.772	421281.080	712196.409	18.764	+0.007	+0.007	-0.008
4T.1115	421275.858	712193.286	18.752	421275.856	712193.289	18.759	-0.002	+0.003	+0.007
4T.1116	421260.349	712184.148	18.561	421260.353	712184.155	18.565	+0.004	+0.007	+0.004
4T.1117	421244.855	712174.987	18.611	421244.852	712174.984	18.618	-0.003	-0.003	+0.007
4T.1118	421231.599	712167.149	18.544	421231.598	712167.152	18.541	-0.001	+0.003	-0.003
4T.1119	421230.315	712166.262	18.538	421230.311	712166.261	18.539	-0.004	-0.001	+0.001
4T.1120	421223.888	712161.826	18.506	421223.891	712161.830	18.501	+0.003	+0.004	-0.005
4T.1121	421222.016	712160.672	18.498	421222.015	712160.679	18.494	-0.001	+0.007	-0.004
4T.1122	421206.689	712151.232	18.423	421206.680	712151.239	18.417	-0.009	+0.007	-0.006
4T.1123	421192.135	712142.266	18.355	421192.139	712142.262	18.359	+0.004	-0.004	+0.004
4T.1124	421180.783	712135.271	18.296	421180.789	712135.276	18.302	+0.006	+0.005	+0.006
4T.1125	421180.567	712134.823	18.302	421180.561	712134.829	18.309	-0.006	+0.006	+0.007
4T.1126	421180.671	712134.331	18.299	421180.679	712134.337	18.308	+0.008	+0.006	+0.009
4T.1127	421179.207	712133.428	18.293	421179.202	712133.433	18.291	-0.005	+0.005	-0.002

3.1.2.2- Pose du réseau et fermeture de la fouille

L'ouvrage peut être posé une fois que la réception topographique est faite selon le type de réseau. Pour les réseaux d'assainissement, on réalise le béton de propreté avant la pose des regards. Une fois posé, l'équipe topo ayant précédemment effectuée la réception vérifie la cote radier qui serait plus tard réceptionné avant la pose du lit de sable lagunaire de 10 cm d'épaisseur. Les tuyaux reliant les regards peuvent donc être ensuite posés. Quant aux réseaux divers, les tuyaux ou les câbles peuvent être directement posés après la réception topographique. Une réception de pose des ouvrages serait donc effective avant la fermeture de la fouille. Dans les deux cas précédemment énumérés, un récolement de l'ouvrage posé sera réalisé avant la fermeture de la fouille. La fouille sera fermée et compactée après la pose du grillage avertisseur qui est au-dessus du réseau de 30 cm.



Photo N°10 : Pose de tuyaux du réseau éclairage Public sur la rue N°40 après réception.

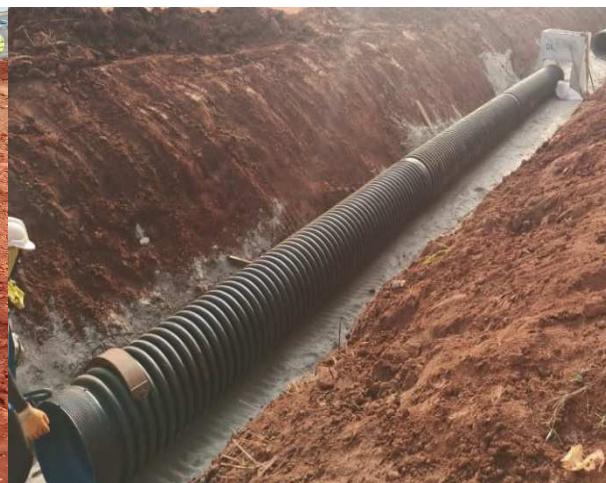


Photo N°11 : Pose de tuyaux PEHD Ø600 du réseau eaux pluviales sur la voie transversale.

3.1.3- Résultats de l'analyse des causes liées au conflit des réseaux en présentant trois cas pratiques de gestion de conflits

3.1.3.1- Gestion des conflits avec le logiciel Covadis

Au début, le logiciel utilisé pour gérer les conflits était le logiciel Covadis. Mais pour traiter chaque conflit point par point revenait plus difficile car la résolution du conflit avec ce logiciel prenait assez de temps et aussi la maîtrise de l'ensemble du réseau était très compliquée. Ce qui fait qu'après avoir géré un conflit, on peut se retrouver face à un autre plus tard sur le même tronçon. C'est le cas par exemple du conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées de la plateforme 3.1 de l'ilot 3 (Figure N°26). Pour identifier et gérer ce conflit, il a fallu calculer les cotes de chacun des réseaux eaux pluviales et eaux usées à l'intersection des regards R4-R12 et RAV25-RAV37 puis chercher à rehausser ou rabaisser un réseau. Mais après avoir fini de gérer ce conflit, nous avions immédiatement constaté pour pourraient avoir un autre conflit entre les réseaux eaux usées et AEP.

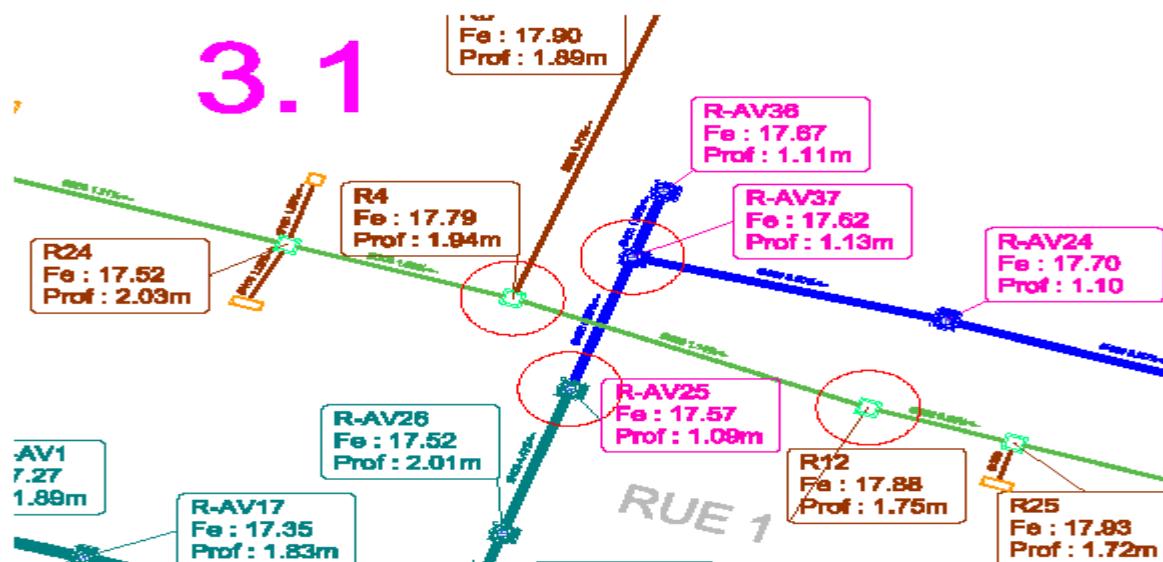


Figure N°26 : Conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées plateforme 3.1

Source : Extrait du plan des réseaux eaux pluviales et eaux usées du projet

3.1.3.2- Conflit en phase d'études

Les conflits entre réseaux ont été observés dès la phase d'études dus au fait que chaque réseau ayant été confectionné isolément. La mise en commun de ces différents plans dans un plan de synthèse a permis d'obtenir le plan de synthèse brut ci-dessous (Figure N°27). Après

l'analyse de ce plan, on remarque que le réseau télécom est pratiquement confondu au réseau éclairage public sur le côté Ouest de la rue 20 puis vient se confondre avec le réseau eaux pluviales vers le côté Est de la même rue. De même, sur cette même rue, les réseaux alimentation en eaux potable (AEP) et basse tension raccordement (BTR) sont distants de 6cm. Sur la rue 21b quant à elle, les réseaux éclairage public et alimentation en eaux potable étant distants de 11 cm se retrouvent dans l'emprise du réseau eaux usées. Sur la même rue, le réseau télécom qui se trouvait du côté nord du réseau eaux usées vers l'Ouest de la rue se retrouve au Sud de ce réseau vers l'Est de la rue.

Le traitement des données avec le logiciel Mensura Genius a permis d'obtenir un autre résultat du plan de synthèse (Figure N°28). On remarque une nette différence après le traitement des données. Sur la rue 20, les réseaux télécom et éclairage public qui étaient pratiquement confondus sont désormais distants de 75 cm. Les réseaux AEP et BTR sont distants de 40 cm sur la même rue.

PLAN DE SYNTHESE BRUT DES RESEAUX RUES 20 ET 21b

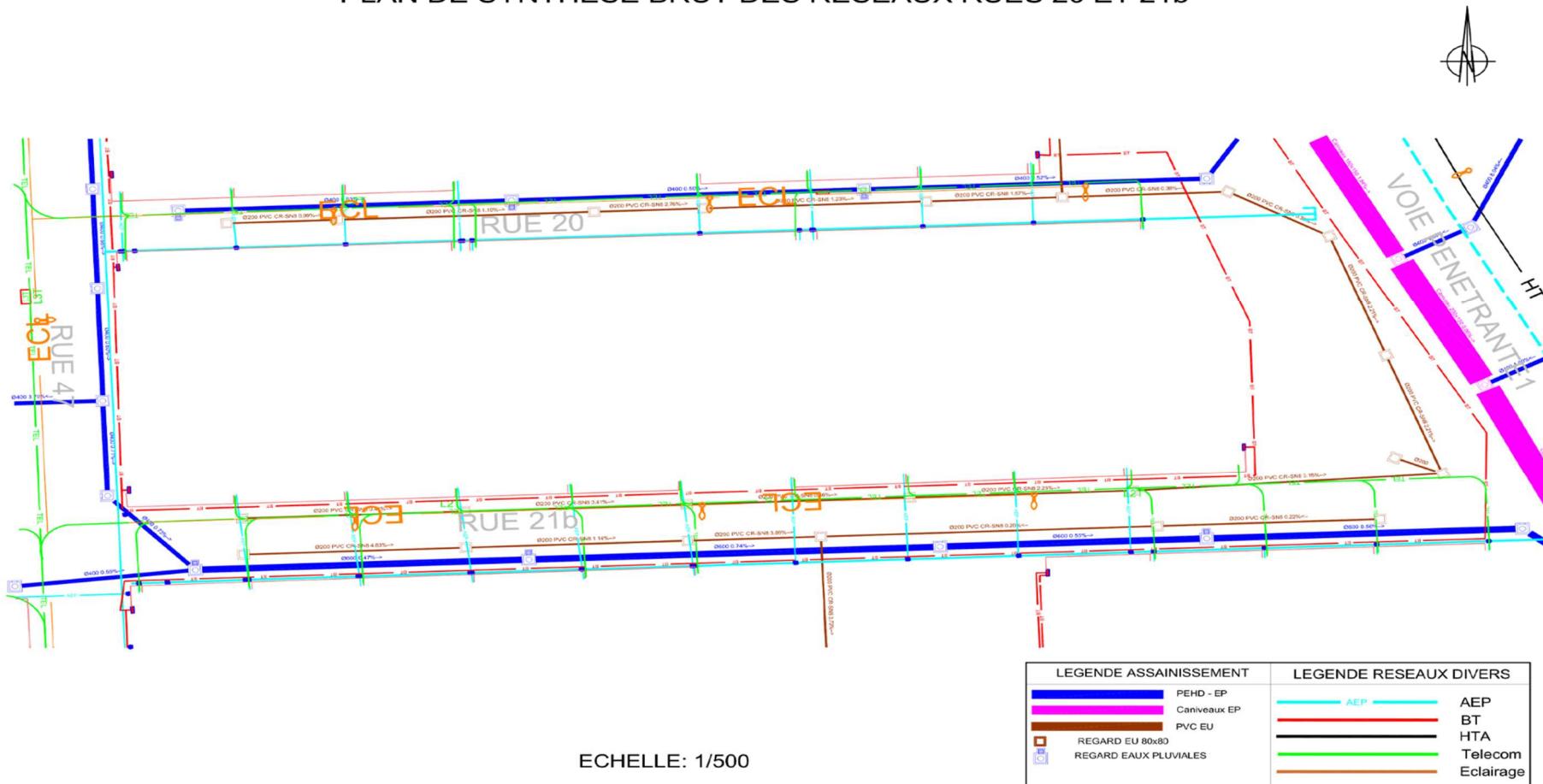


Figure N°27 : Plan de synthèse brut des réseaux des rues 20 et 21b
Source : Extrait du plan de synthèse des réseaux du projet

PLAN DE SYNTHESE DES RESEAUX APRES TRAITEMENT RUES 20 ET 21b

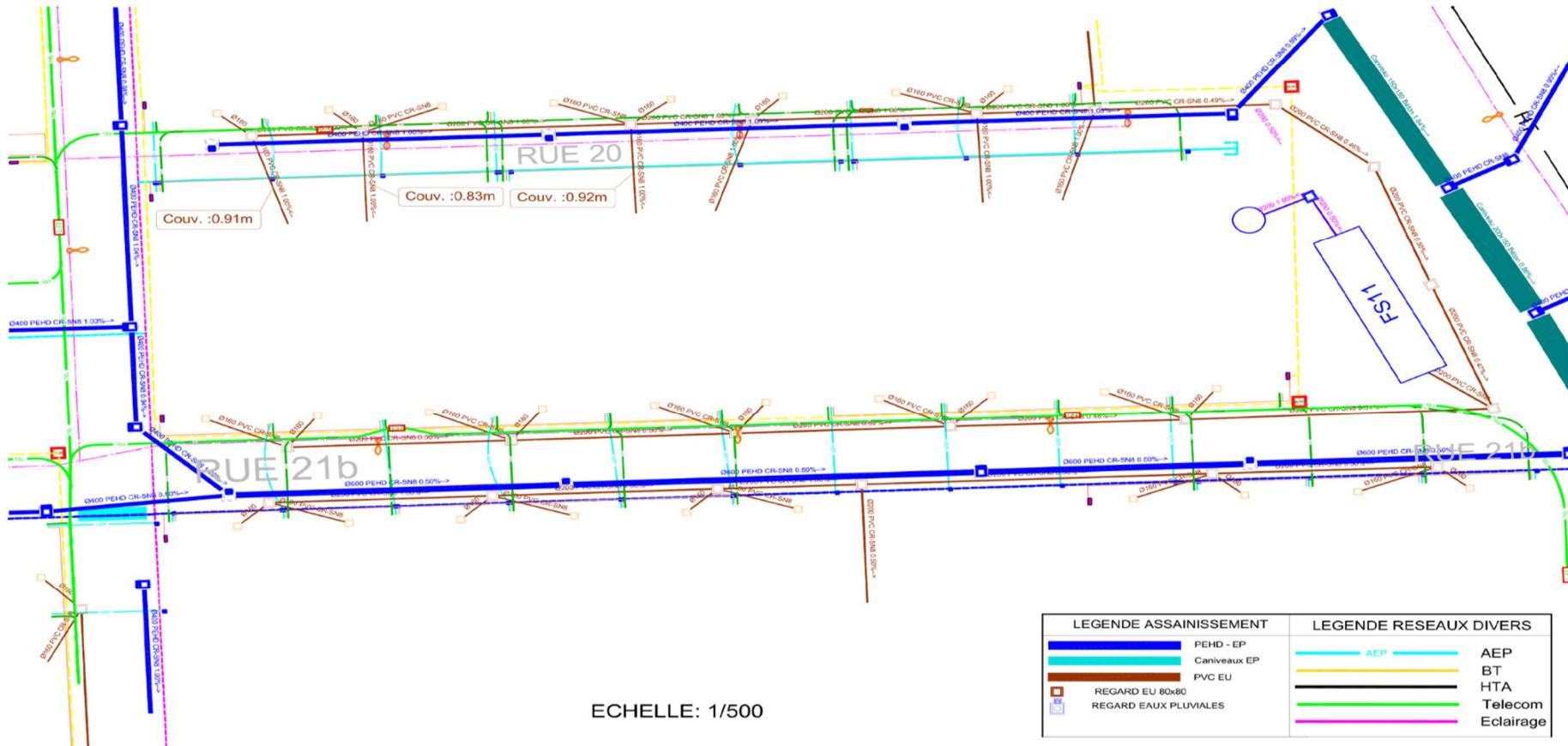


Figure N°28 : Plan de synthèse des réseaux après traitement des rues 20 et 21b
Source : Extrait du plan de synthèse des réseaux du projet

3.1.3.3- Conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées sur la plateforme 3.1

La figure N°29 présente le réseau eaux pluviales non réalisé en couleur bleu, le réseau eaux pluviales réalisé en couleur verte et le réseau eaux usées en couleur rouge. Le réseau eaux pluviales de la plateforme 3.1 devra se raccorder à un réseau principal de la rue N°1 précédemment réalisé jusqu'à la traversée entre la rue N°1 et la plateforme 3.1 (R-AV25). Le linéaire du réseau eaux usées étant aussi réalisé depuis le regard R17 jusqu'au regard R3 ainsi que la fosse septique N°1. Lors de la fouille pour réaliser le reste du linéaire du réseau eaux pluviales sur la plateforme (de R-AV25 à R-AV21), il est constaté la présence d'un conflit (regards encerclés au rouge) en altimétrie comme le montre les cotes de la figure suivante entre les deux réseaux puisque la conduite du réseau eaux pluviales est de diamètre 40cm et celle du réseau eaux usées est de 20cm. D'après les analyses, le plan de ces réseaux a été modifié en cours d'exécution des travaux sans tenir compte des parties de réseaux déjà réalisé. Les travaux sont donc abandonnés dans cette zone pendant une durée de trois mois afin de réfléchir à une solution adéquate. Après une réunion avec le maître d'œuvre du projet, il est prévu la dépose du réseau eaux usées sur un linéaire de 102.63m (de R4 à R17) afin de rehausser les cotes des regards eaux usées. Après avoir consulté le Cahier des Charges Techniques et Particulières de la VRD, nous avions remarqué que le recouvrement minimal des réseaux d'assainissement sur les plateformes est de 70cm. Ainsi, à l'aide du logiciel Mensura Genius, nous avions modélisé les deux réseaux et tracé leur profil en long ; ce qui nous a permis d'obtenir directement le point de conflit entre les deux réseaux et la hauteur de leur croisement (profil en long Figure N°30). Pour régler ce conflit, nous avions rehaussé les cotes du reste des regards eaux pluviales non encore réalisé (R-AV37 à R-AV21) tout en faisant passer le réseau eaux pluviales sur le réseau eaux usées jusqu'à dépasser la zone de conflit. Le recouvrement de 1.70m prévu initialement sur le dernier regard R-AV21 est passé à 90cm avec une chute de pente entre les regards R-AV25 et R-AV26 comme le présente le profil en long de la figure N°31. Cette dernière solution fut appréciée et validée par le maître d'œuvre. Elle a été par la suite exécutée sur le terrain. La solution ainsi trouvée a permis de gagner en temps de travail, en ressource financière et aussi a permis d'éviter de déposer le réseau eaux usées sur toute cette longueur.

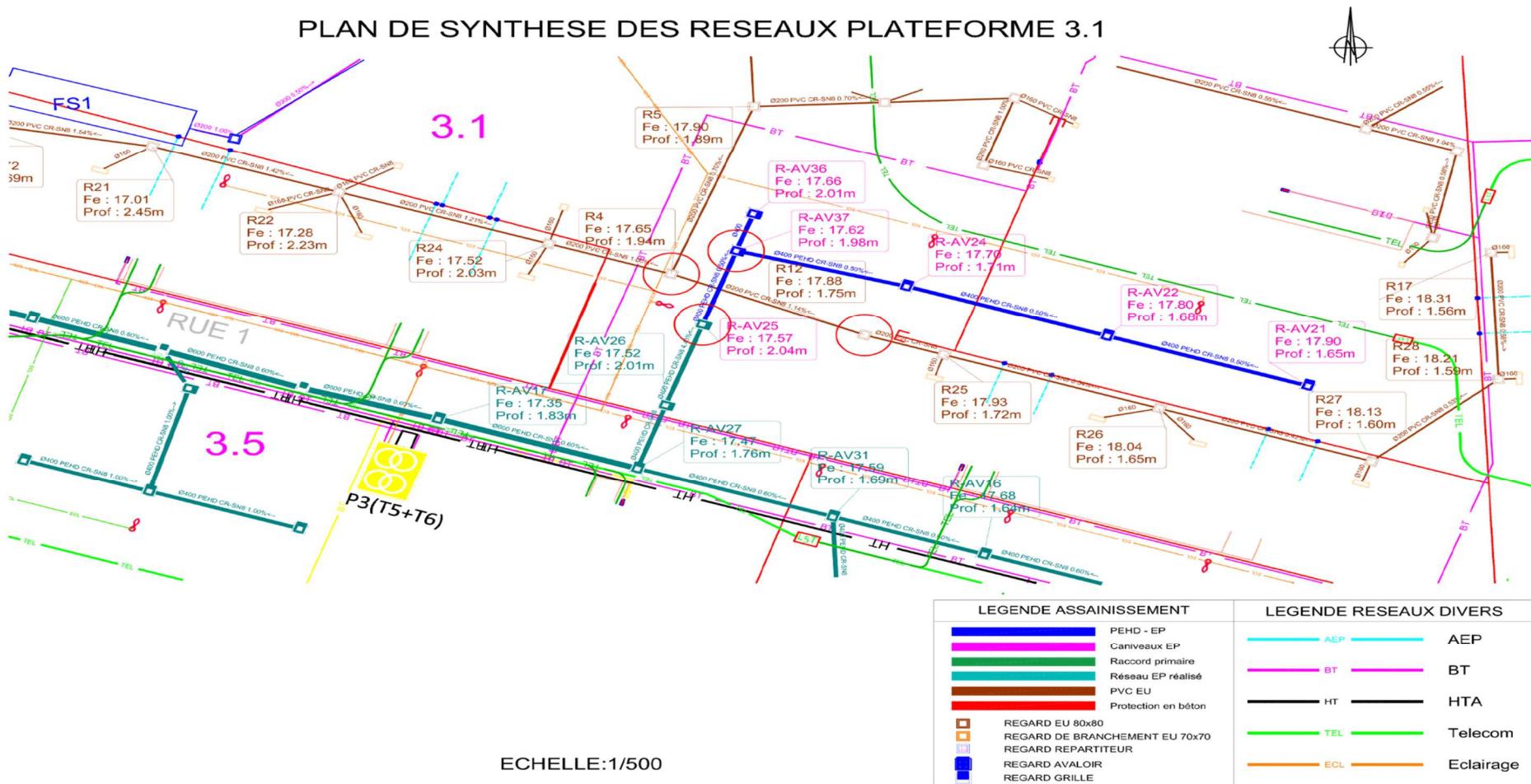


Figure N°29 : Plan de synthèse des réseaux de la plateforme 3.1
Source : Extrait du plan de synthèse des réseaux du projet

**APPROCHE TOPOGRAPHIQUE DANS LA GESTION DES CONFLITS DES RESEAUX SOUTERRAINS
DE L'ASSAINISSEMENT ET DIVERS DANS LE CADRE DU PROJET DE CONSTRUCTION DE 10 396
LOGEMENTS SOCIAUX A OUEDO, COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI.**

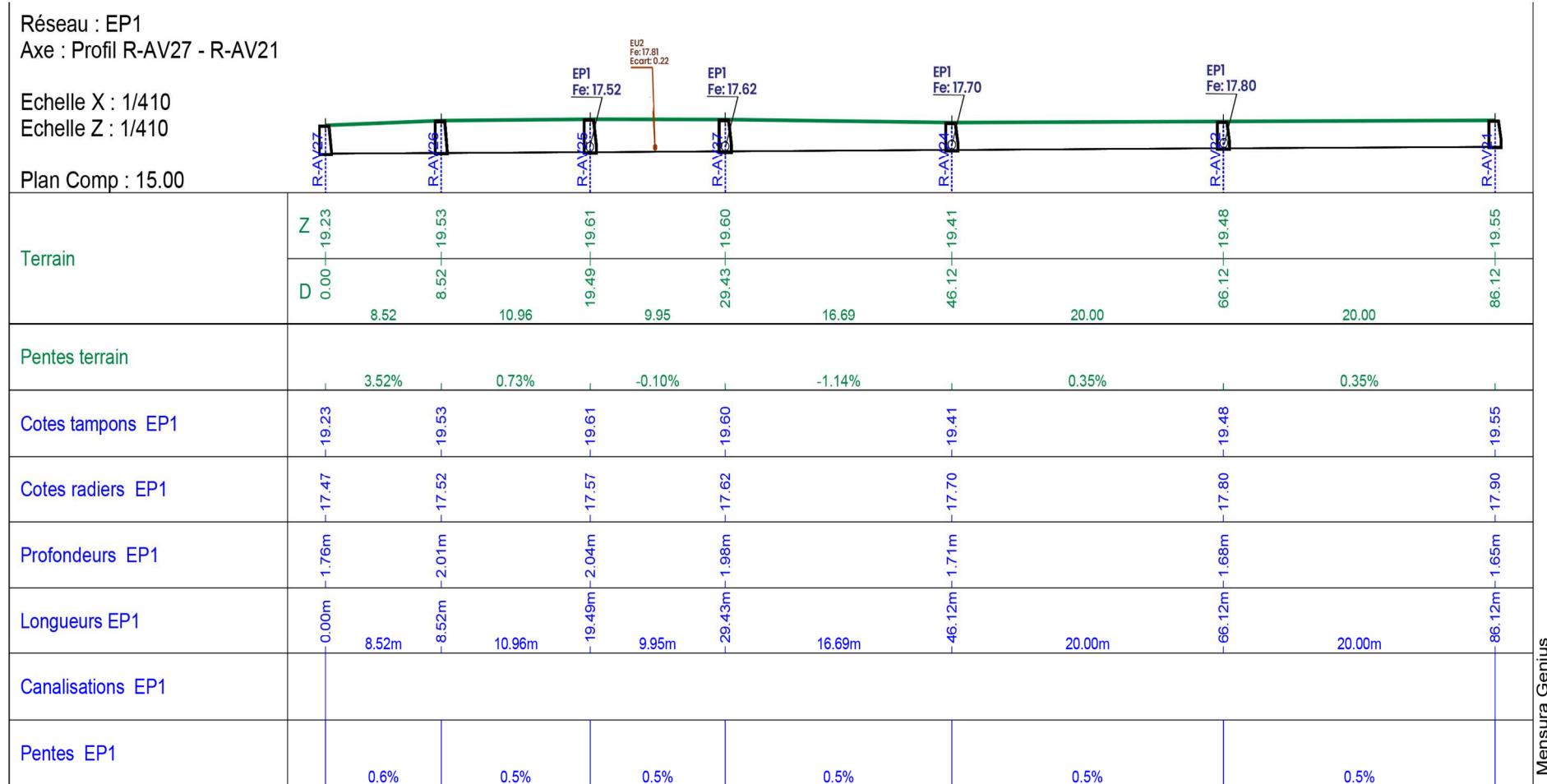


Figure N°30 : Profil en long montrant la partie de conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées de la plateforme 3.1

APPROCHE TOPOGRAPHIQUE DANS LA GESTION DES CONFLITS DES RESEAUX SOUTERRAINS DE L'ASSAINISSEMENT ET DIVERS DANS LE CADRE DU PROJET DE CONSTRUCTION DE 10 396 LOGEMENTS SOCIAUX A OUEDO, COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI.

Réseau : EP1
Axe : Profil R-AV27 - R-AV21

Echelle X : 1/410

Echelle Z : 1/410

Plan Comp : 15.00

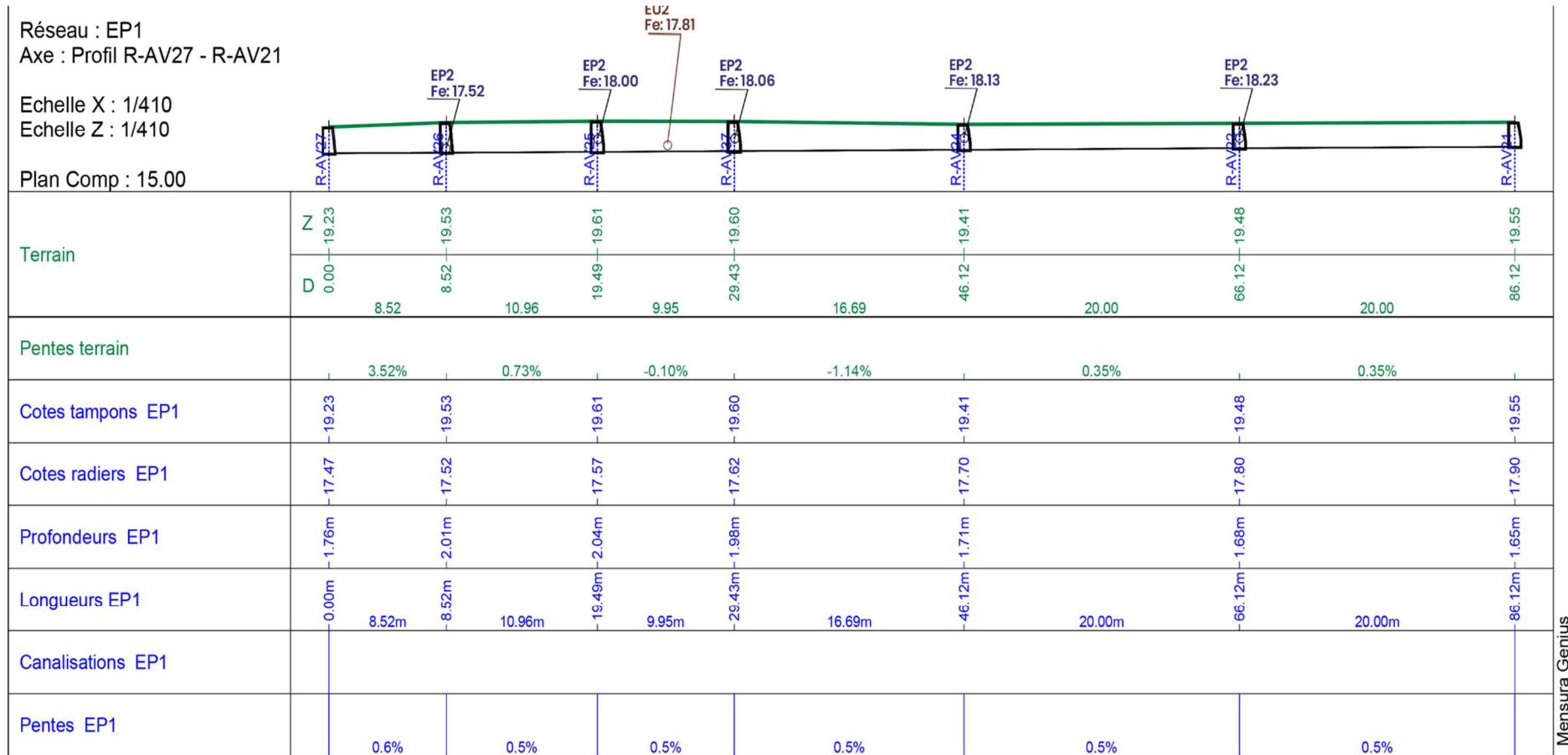


Figure N°31 : Profil en long présentant la résolution du conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées de la plateforme 3.1

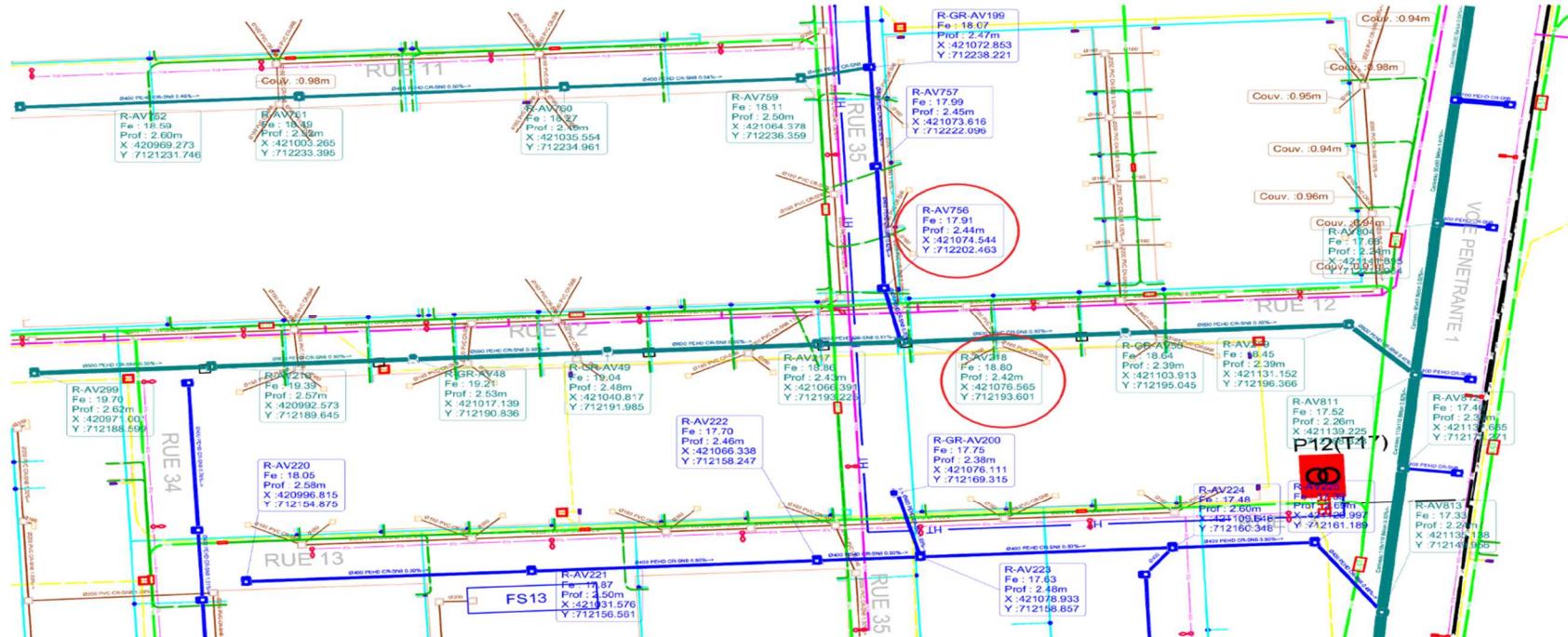
3.1.3.4- Conflit entre le même réseau eaux pluviales à l'intersection des rues N°12 et 35

Il arrive parfois qu'une partie d'un même réseau en voulant se raccorder à une autre connaisse des difficultés liées à l'altimétrie. La figure N°32 présente le plan de synthèse de la rue N°12 et des voies environnantes montrant un conflit entre le même réseau eaux pluviales à l'intersection des rues 12 et 35. La rue N°12 est une rue de 240 mètres comportant 11 regards consécutifs reliés par des tuyaux PEHD de sections différentes précédemment réalisés et devant se raccorder au caniveau de la voie Pénétrante 1 également réalisé. La rue N°35 quant à elle est une rue de 323 mètres comportant 14 regards non consécutifs devant se raccorder aux rues N°2, N°12, N°13 et à la voie secondaire 1 précédemment réalisé en partie. La rue N°11 est une rue de 102 mètres de longueurs comportant 4 regards consécutifs est également réalisé et en attente de se raccorder à la rue N°12. Les travaux de vérifications topographiques avant la réalisation de la partie de la rue N°35 n'ayant pas encore été exécutée (R-AV758 à R-AV218) ont permis de comprendre que la côte radier du regard R-AV756 de la rue N°35 devant se raccorder au regard R-AV218 de la rue N°12 est plus basse que celui-ci de 0,89 mètres. Ce conflit est dû au non mise à jour du plan de récolelement avant la réactualisation du plan du réseau eaux pluviales. Pour régler ce conflit, il est proposé deux solutions par le maître d'œuvre : soit la dépose des regards de la rue N°11 dans le but de rehausser les cotes des regards (solution douteuse à cause du recouvrement des réseaux d'assainissement au niveau des rues et conflits avec les autres réseaux déjà réalisés) ; soit la dépose des 11 regards de la rue N°12 pour rabaisser les côtes des regards (solution plus appropriée car elle éviterait de rentrer en conflit avec d'autres réseaux). Les figures N°33 et 34 présentent respectivement les profils en long de certaines parties des rues N°12 et 35. L'analyse du profil en long de la rue N°35 permet de constater que du regard R-AV758 au regard R-AV756, il existe une pente normale d'écoulement des eaux mais on remarque la présence d'une contre-pente entre les regards R-AV756 et R-AV218 (intersection avec la rue N°12). Après maintes réflexions face à cette situation, nous avions trouvé une solution adéquate de raccorder le regard R-AV756 de la rue N°35 au regard R-GR-AV200 de la rue N°13 (Figure N°35). La dénivellation entre ces deux regards est de 0,16 mètres sur une longueur de 33,19 mètres soit une pente de 0,5% admissible pour le projet. Nous avions donc utilisé le logiciel Mensura Genius pour observer toutes les possibilités de conflits possible surtout les regards R-AV217 et R-AV218 (traversée de la rue N°35) pour voir si la traversée se fera aisément sans heurter le PEHD déjà réalisé et aussi le réseau eaux usées déjà exécuté. La figure N°36 montre le profil en long résultat de la résolution

du conflit du réseau eaux pluviales de la rue N°35 se raccordant à la rue N°13. Sur ce profil, on remarque non seulement une pente normale d'écoulement des eaux jusqu'à la rue N°13 mais aussi le passage sans difficulté du tuyau PEHD entre les regards R-AV756 et R-GR-AV200 sous le tuyau PEHD passant entre les regards R-AV217 et R-AV218 de la rue N°12. L'écart en hauteur entre les fils d'eaux à l'intersection est de 0.97m. Cette solution paraît la meilleure. Elle fut validée et exécutée sans aucune dépose de réseau déjà réalisé. Elle a permis de gagner en temps d'exécution, en ressource financière, en matériaux et en énergie.

APPROCHE TOPOGRAPHIQUE DANS LA GESTION DES CONFLITS DES RESEAUX SOUTERRAINS DE L'ASSAINISSEMENT ET DIVERS DANS LE CADRE DU PROJET DE CONSTRUCTION DE 10 396 LOGEMENTS SOCIAUX A OUEDO, COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI.

PLAN DE SYNTHESE DES RESEAUX RUE 12 ET VOIES ENVIRONNANTES



ECHELLE: 1/750

LEGENDE ASSAINISSEMENT	LEGENDE RESEAUX DIVERS
PEHD - EP	AEP
Caniveaux EP	BT
Raccord primaire	HTA
Réseau EP réalisé	TEL
PVC EU	Eclairage
Protection en béton	
REGARD EU 60x80	
REGARD DE BRANCHEMENT EU 70x70	
REGARD REPARTITEUR	
REGARD AVALOIR	
REGARD GRILLE	

Figure N°32 : Plan de synthèse des réseaux de la rue N°12 et des voies environnantes

Source : Extrait du plan de synthèse des réseaux du projet

APPROCHE TOPOGRAPHIQUE DANS LA GESTION DES CONFLITS DES RESEAUX SOUTERRAINS DE L'ASSAINISSEMENT ET DIVERS DANS LE CADRE DU PROJET DE CONSTRUCTION DE 10 396 LOGEMENTS SOCIAUX A OUEDO, COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI.

Réseau : EP1
Axe : Profil R-GR-AV48 - R-AV219

Echelle X : 1/542
Echelle Z : 1/542

Plan Comp : 15.00

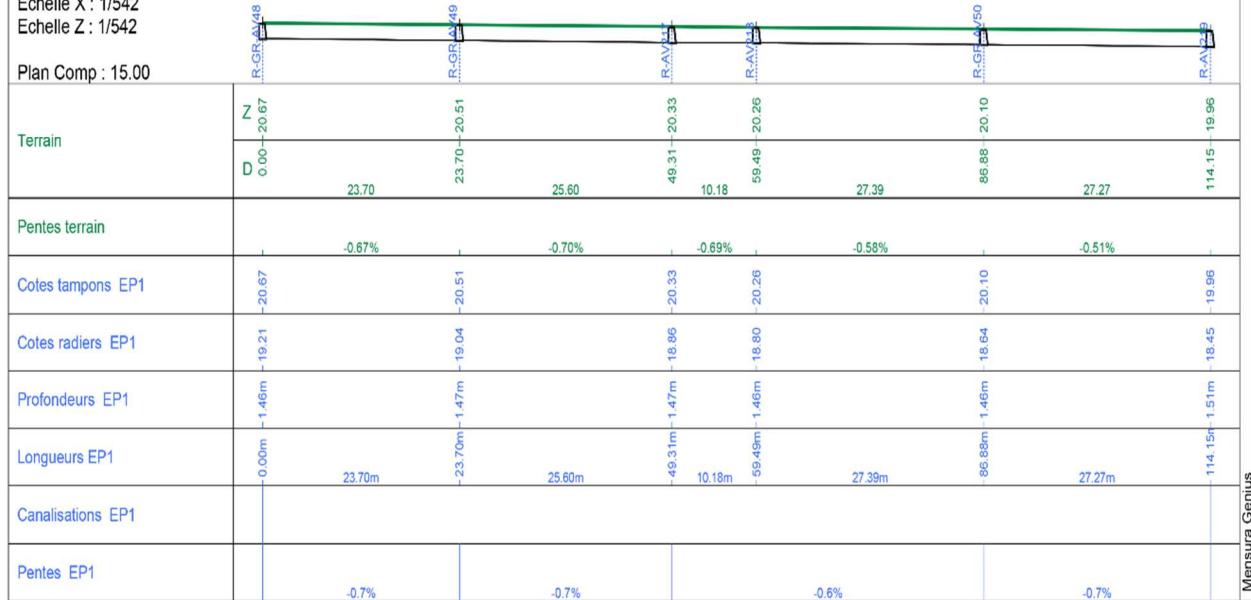


Figure N°33 : Profil en long d'une partie du réseau eaux pluviales de la rue N°12

Réseau : EP2
Axe : Profil R-AV758 - R-GR-AV50

Echelle X : 1/498
Echelle Z : 1/498

Plan Comp : 15.00

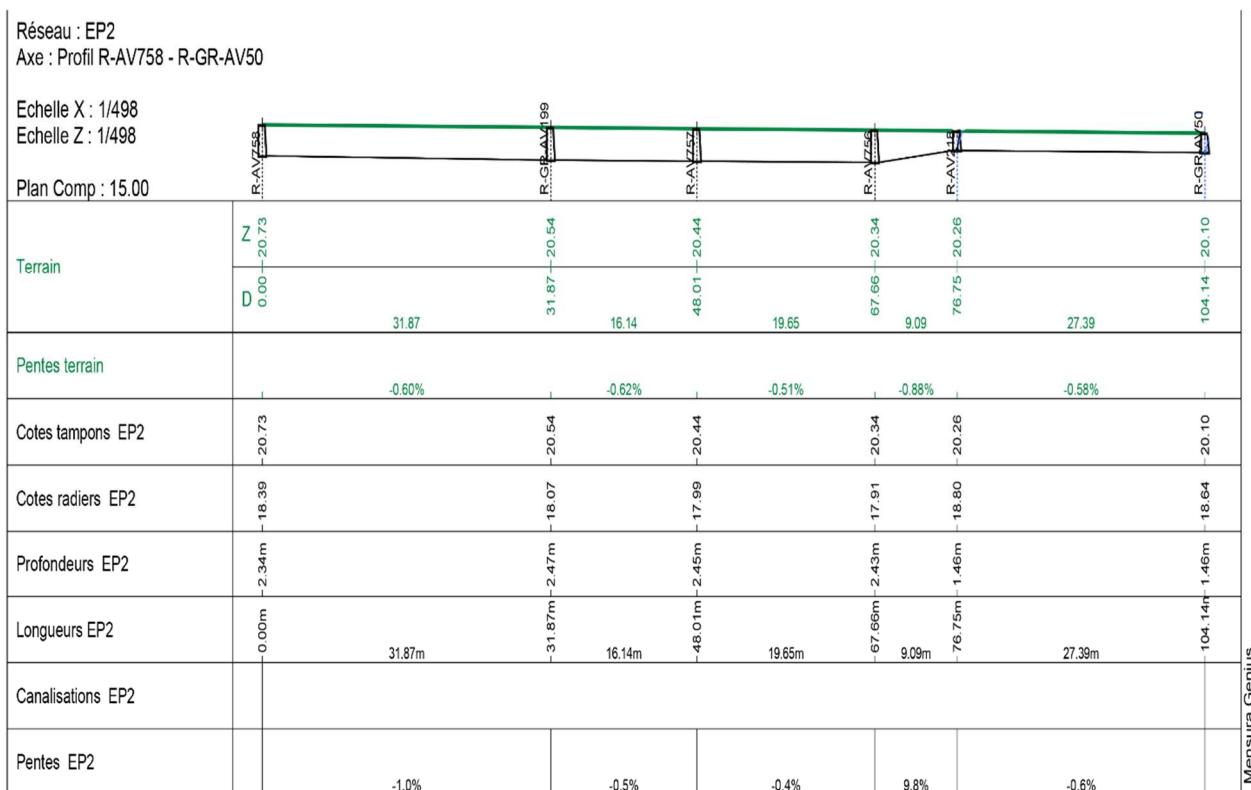


Figure N°34 : Profil en long d'une partie du réseau eaux pluviales de la rue N°35

PLAN DU RESEAU EAUX PLUVIALES RUE 12 ET VOIES ENVIRONNANTES - SOLUTION

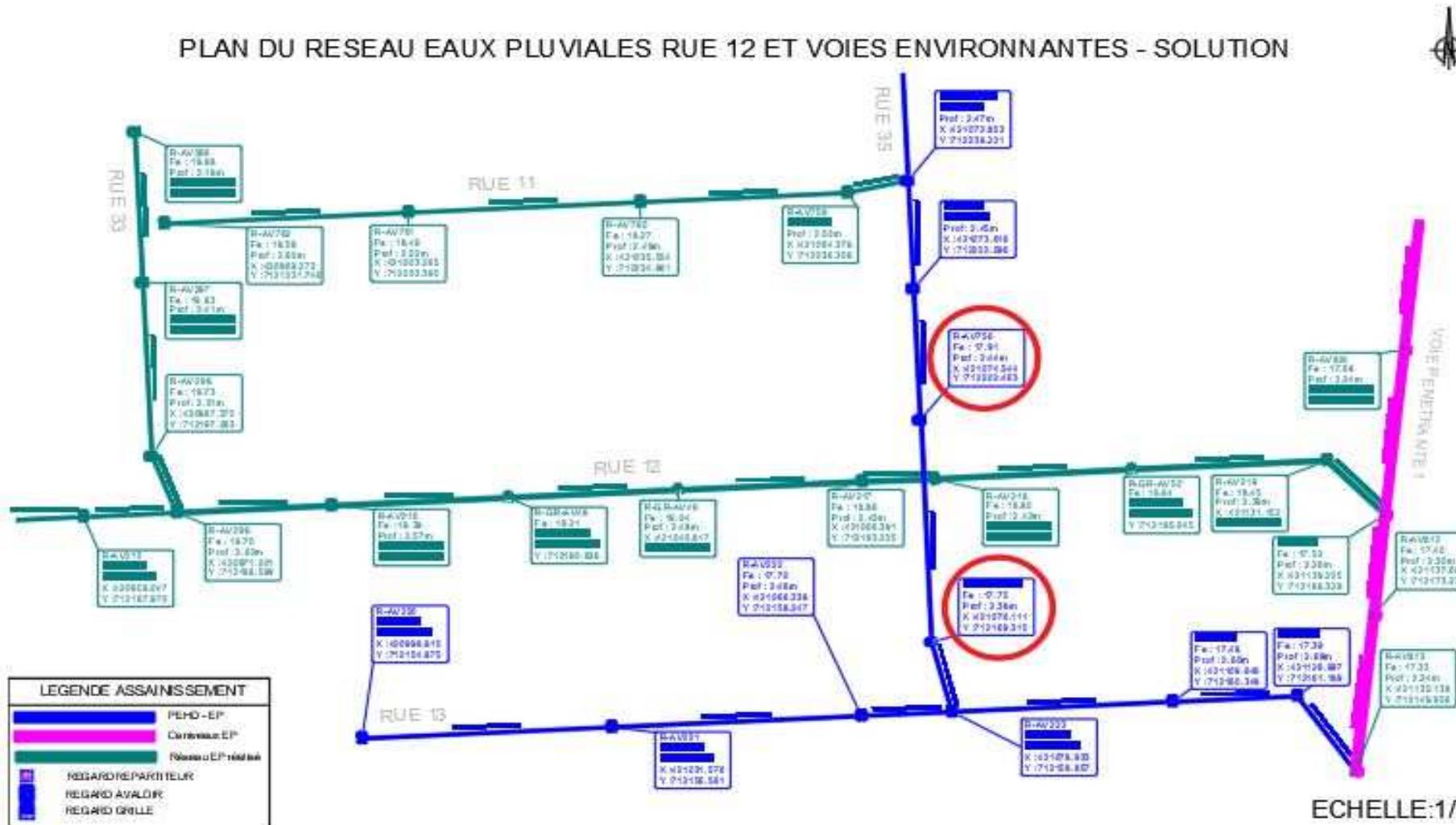


Figure N°35 : Plan du réseau eaux pluviales de la rue N°12 et des voies environnantes - solution

**APPROCHE TOPOGRAPHIQUE DANS LA GESTION DES CONFLITS DES RESEAUX SOUTERRAINS
DE L'ASSAINISSEMENT ET DIVERS DANS LE CADRE DU PROJET DE CONSTRUCTION DE 10 396
LOGEMENTS SOCIAUX A OUEDO, COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI.**

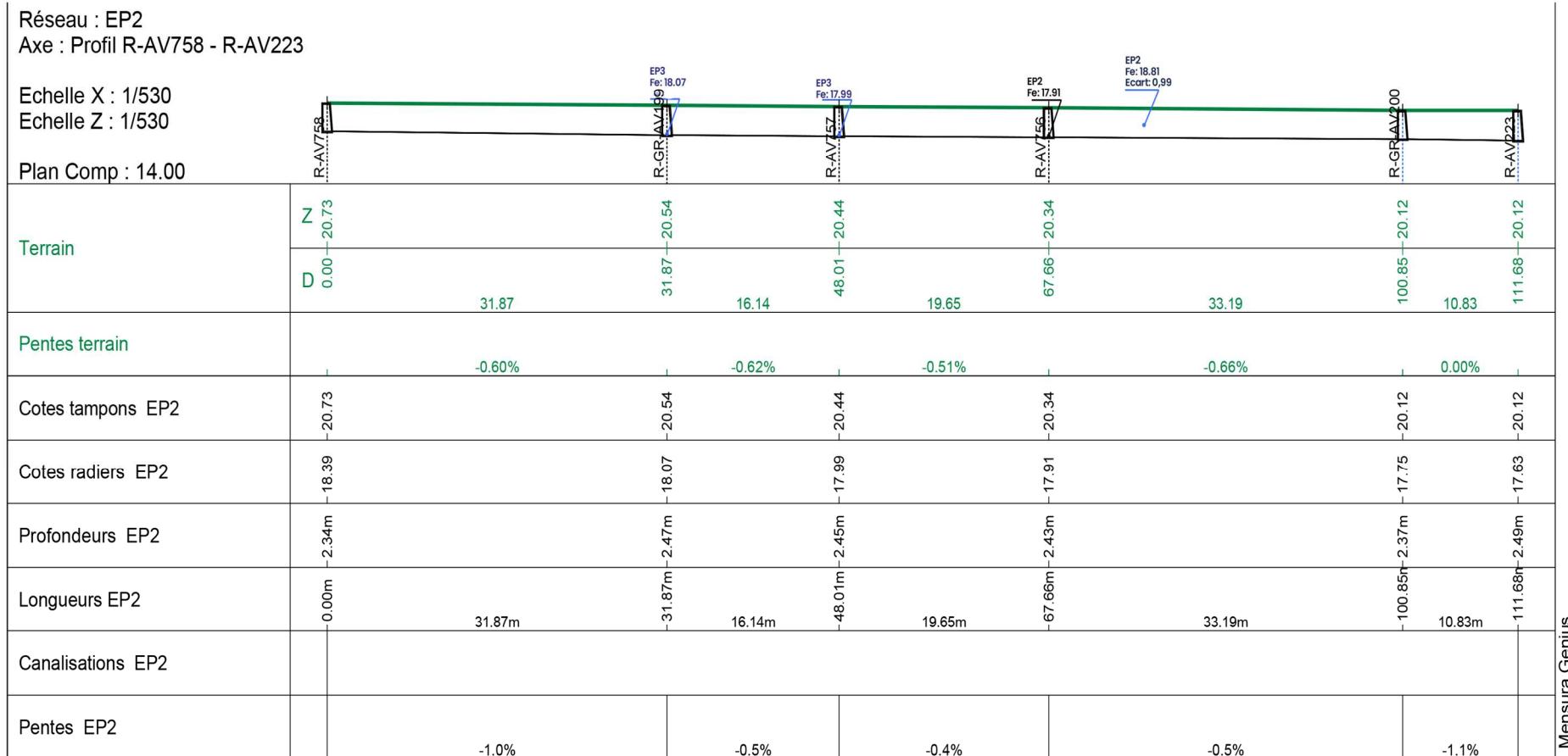


Figure N°36 : Profil en long présentant la résolution du conflit du réseau eaux pluviales à l'intersection des rues N°12 et 35

III.2- ANALYSES ET DISCUSSIONS

3.2.1- Analyses et discussions de l'utilisation des plans validés par le maître d'ouvrage délégué pour l'extraction des coordonnées planimétriques et altimétriques

L'analyse des plans validés par le maître d'ouvrage délégué a permis de collecter les informations essentielles à la gestion des réseaux d'assainissement, notamment les coordonnées planimétriques (X, Y) et altimétriques (Z). Ces données ont servi de base pour concevoir un modèle numérique de terrain (MNT) destiné à visualiser et anticiper les interférences potentielles avec les réseaux divers. On observe également une précision des données extraites des plans en fonction du MNT. La qualité des données issues des plans a montré une concordance satisfaisante avec les normes techniques exigées pour ce type de projet.

L'exploitation de ces données a permis une implantation initiale précise, réduisant considérablement les risques de conflits techniques. Toutefois, la fiabilité des informations reste conditionnée par la qualité des plans fournis, ce qui souligne la nécessité d'un contrôle renforcé des données en amont. Une perspective intéressante serait l'intégration d'un SIG (Système d'Information Géographique) pour une gestion plus centralisée et actualisée des données topographiques.

3.2.2- Analyses et discussions de l'utilisation du récepteur GNSS et du niveau automatique pour l'implantation des réseaux

L'implantation planimétrique des réseaux d'assainissement a été réalisée à l'aide d'un récepteur GNSS, tandis que l'altimétrie a été effectuée avec un niveau automatique. Nous remarquons une précision de ces instruments topographiques à travers leur vérification et une précision par rapport aux plans validés de l'implantation des points planimétriques et altimétriques à travers les plans de récolement. Ces outils ont offert une précision suffisante pour respecter les contraintes techniques du projet. Les relevés GNSS ont permis une localisation planimétrique rapide et fiable des ouvrages, même dans des zones d'accès restreint. L'utilisation du niveau automatique pour l'altimétrie a assuré la conformité des pentes, garantissant un écoulement gravitaire optimal des eaux usées. Cependant, quelques écarts minimes ont été observés entre les coordonnées théoriques et implantées, principalement en raison de perturbations environnementales, comme les interférences urbaines affectant le signal GNSS.

La combinaison de ces deux outils s'est avérée efficace pour répondre aux exigences du projet. Néanmoins, des limitations subsistent, notamment en milieu urbain dense, où des stations totales ou des technologies plus avancées, comme les scanners 3D, pourraient offrir des performances supérieures. En outre, une formation régulière des opérateurs sur ces outils serait bénéfique pour maximiser leur potentiel.

3.2.3- Analyses et discussions des causes liées au conflit des réseaux en présentant trois cas pratiques de gestion de conflits

De l'analyse des causes de conflits et l'étude de cas de la gestion des conflits avec le logiciel, nous constatons que les différents cas de conflits énumérés sont dus à des erreurs de conception et de planification, des erreurs de coordination entre les intervenants et le défaut de suivi des règlements et normes liés aux réseaux souterrains. Trois cas pratiques de gestion des conflits ont été étudiés à l'aide du logiciel Mensura Genius. Ces cas concernaient des interférences techniques entre réseaux souterrains, causées par des erreurs de conception, une coordination insuffisante entre parties prenantes et des contraintes imprévues liées au terrain.

Conflit 1 : Conflit observé en phase d'études

Une superposition planimétrique a été détectée dès la phase d'études, causant des chevauchements entre les réseaux dans le plan de synthèse. La simulation dans le logiciel Mensura Genius a permis de repositionner ces réseaux sans compromettre ses pentes minimales.

Conflit 2 : Conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées

Une erreur dans les altitudes de conception a entraîné une interférence altimétrique. Grâce au logiciel Mensura Genius, un recalcul a permis de maintenir les marges de sécurité réglementaires.

Conflit 3 : Conflit entre le même réseau eaux pluviales

Une mauvaise interprétation des données altimétriques ou une mauvaise absence de vérification des pentes a conduit à des erreurs dans la continuité du réseau. L'analyse dans le logiciel Mensura Genius a permis de proposer un phasage des travaux, réduisant les délais.

Ces études de cas montrent l'importance d'un outil tel que Mensura Genius pour simuler et résoudre les conflits de manière proactive. Toutefois, certaines limites du logiciel, notamment

dans la gestion multi-acteurs et la modélisation complexe, ont été notées. Une approche intégrant le BIM (Building Information Modeling) pourrait compléter efficacement Mensura en offrant une plateforme collaborative et multidimensionnelle.

Dans la gestion de nos conflits de réseaux, nous avions eu à utiliser deux logiciels : le logiciel covadis et le logiciel mensura. Le logiciel covadis nous a permis de gérer ponctuellement des conflits et de parer au plus urgent dans les travaux. Par contre, le logiciel mensura nous a permis de :

- Gérer les conflits plus facilement ;
- Créer des plans détaillés ;
- Générer des profils en long et faire les comparaisons afin d'avoir une vue d'ensemble de tous les réseaux ;
- Déetecter, visualiser et résoudre les problèmes potentiels avant même le début des travaux en ayant une vue d'ensemble de tous les réseaux sur un même tronçon et de régler dans le même temps tous les éventuels conflits avec les autres réseaux.

Le logiciel Mensura Genius a été capital dans la gestion des conflits. Il offre de nombreux avantages allant de la précision des calculs à l'optimisation de la conception en passant par l'amélioration de la collaboration et la conformité aux normes. Il a aidé également à gagner en temps d'exécution, en ressource financière, en matériaux et en énergie. On aurait du mal à maîtriser les réseaux sans ce logiciel.

III.3- DIFFICULTES RENCONTREES ET SUGGESTIONS

Dans le cadre de notre étude, avouons que plusieurs difficultés ont été enregistrées. Parmi celles-ci, nous pouvons énumérer :

- ❖ Les plans fournis par le maître d'ouvrage délégué ne reflètent pas certaines modifications apportées au cours des travaux du primaire. Par exemple, certains caniveaux du réseau primaire en attente d'être raccordé par le réseau pluvial du secondaire ne sont pas à la même cote ;
- ❖ La complexité du terrain et des réseaux rendent difficile l'implantation exacte des réseaux ;
- ❖ Défaut de tenue régulière des réunions de collaboration entraînant parfois des manques de communications ;
- ❖ L'importation et la gestion des données de différents réseaux causent parfois des problèmes de compatibilité dans le logiciel Mensura Genius surtout si les données ne sont pas normalisées ;
- ❖ La complexité de la gestion des conflits due au fait que les données ne sont pas mises à jour en temps réel ;

Au nombre de ces difficultés rencontrées, nous suggérons les propositions ci-dessous :

- Organiser des revues collaboratives de conception incluant toutes les parties prenantes pour détecter d'éventuelles incohérences dès les premières étapes ; cela permet d'anticiper les conflits et de s'assurer que toutes les exigences du projet sont respectées ;
- Avant de finaliser la conception, utiliser des logiciels de simulation pour vérifier les flux de circulation, la compatibilité des réseaux et les espaces de maintenance ;
- Organiser des formations continues pour le personnel technique afin qu'il soit à jour sur les réglementations en matière de pose des réseaux et des normes de construction ;
- Une mise à jour régulière des plans de réseaux afin de faciliter les travaux ultérieurs et d'éviter les conflits car ces plans des réseaux ne sont souvent pas mis à jour après les modifications sur le terrain ;
- Utiliser des stations totales équipées de logiciels compatibles avec les modèles BIM (Modélisation des Informations du Bâtiment) permettant d'identifier visuellement et en temps réel les conflits entre les réseaux avant et pendant la phase de réalisation ;

- L'insertion et la tenue régulière des réunions de coordination entre les différents acteurs pour échanger des réseaux prévus, leurs localisations et leurs niveaux d'avancement ;
- Sensibiliser les équipes aux bonnes pratiques de coordination des réseaux en montrant des exemples concrets de projets où les conflits ont été bien ou mal gérés ;
- Pour prévenir les conflits, nous proposons de réaliser des audits de réseaux à intervalles réguliers durant l'exécution du projet à l'aide d'outils de géolocalisation pour confirmer les implantations ;
- Etablir un processus de retour d'expérience documenté à la fin de chaque projet permettant de répertorier les conflits rencontrés, les solutions appliquées et les leçons apprises. Cela pourrait inclure un rapport technique qui devient une référence pour les projets futurs ;
- Archiver numériquement toutes les modifications de réseaux en utilisant une base de données centralisée et accessible par tous les intervenants.

III.4- LIMITES ET PERSPECTIVES

La topographie est un outil essentiel dans la réalisation et la gestion des conflits des réseaux souterrains. Selon (Peter F. Dale et John D. McLaughlin, 2015), c'est un outil qui permet de réduire les conflits techniques liés aux réseaux enterrés. C'est dans cette même lignée que (Jean-Claude DUPUY, 2018) insiste sur le fait que la topographie, associée aux SIG et au géoréférencement, est essentielle pour prévenir et gérer les conflits dans les infrastructures souterraines. Bien que la topographie soit un outil indispensable pour la gestion des réseaux souterrains, elle peut présenter des marges d'erreur, particulièrement lorsque des conditions environnementales difficiles (végétation dense, terrain accidenté) perturbent les relevés. HASSAN Hussein et all. (2018) soulignent que les erreurs de relevés topographiques peuvent entraîner des imprécisions dans les implantations planimétriques et altimétriques. Les équipements topographiques, tels que les récepteurs GNSS et les niveaux automatiques, bien qu'efficaces, ont des limitations techniques liées à la qualité des satellites ou à la calibration des appareils. MOKHTARI Mohamed et all. (2015) rappellent que ces outils nécessitent un entretien régulier et des conditions optimales pour garantir leur fiabilité. Dans des environnements fortement urbanisés, les multiples interférences (bâtiments, infrastructures existantes) peuvent compliquer l'obtention de relevés précis. XUN Zhou et all. (2013), notent que la densité des réseaux en zones urbaines augmente considérablement les risques de conflits techniques, même avec des données topographiques détaillées. L'utilisation de données topographiques nécessite souvent une conversion ou une intégration manuelle dans des logiciels de conception comme Mensura Genius, ce qui peut induire des erreurs humaines. Marzouk et Othman (2016), indiquent que l'absence d'un flux de travail entièrement automatisé peut limiter l'efficacité de la gestion des conflits. Les cas pratiques analysés dans cette étude se concentrent sur un nombre restreint de scénarios. Cela limite la généralisation des résultats à d'autres types de terrains ou contextes topographiques. Le processus de relevé, de traitement et d'analyse des données topographiques est souvent long et coûteux. Cette contrainte peut limiter la capacité d'explorer toutes les solutions possibles dans un projet donné. Les données topographiques nécessitent une validation rigoureuse par toutes les parties prenantes (maîtres d'ouvrage, ingénieurs, géomètres), ce qui peut parfois entraîner des retards. Gomez et Ramirez (2014) pointent que ces retards sont souvent dus à un manque de synchronisation entre les intervenants.

L'utilisation de technologies avancées comme le LIDAR ou des drones pour compléter les relevés topographiques traditionnels pourrait améliorer la précision des données. Ces outils

permettent également de couvrir rapidement de grandes surfaces, comme le soulignent Nguyen et all. (2019). Développer un système de gestion intégré où les relevés topographiques sont automatiquement convertis en données exploitable par des logiciels comme Mensura Genius ou AutoCAD Civil 3D. HASSAN Hussein et all. (2018) encouragent l'utilisation d'outils de modélisation 3D pour anticiper les conflits techniques dès la phase de conception. Investir davantage dans la phase de planification en utilisant les données topographiques pour simuler plusieurs scénarios d'implantation et éviter les conflits avant les travaux. Feng et Zhang (2017) soulignent l'efficacité des outils de simulation pour optimiser la gestion des réseaux. Utiliser les données topographiques pour analyser l'impact des réseaux souterrains sur les nappes phréatiques ou les terrains instables, conformément aux recommandations de Krekeler et all. (2017). Il est donc essentiel de procéder au renforcement de la coordination en intégrant des plateformes de gestion de données partagées pour améliorer la communication entre les géomètres, les ingénieurs et les maîtres d'ouvrage. Marzouk et Othman (2016) insistent sur l'importance de ces outils pour éviter les erreurs liées au manque de coordination.

Grâce à l'application des méthodes topographiques détaillées dans ce mémoire, les conflits techniques liés à l'encombrement des réseaux souterrains ont pu être identifiés et résolus efficacement. Cependant, les conflits résolus ici ne représentent qu'une partie des enjeux globaux. Les aspects organisationnels et physiques nécessitent une attention particulière dans des perspectives ultérieures.

CONCLUSION

Le projet de construction de 10 396 logements sociaux à Ouèdo s'inscrit dans le prolongement de la conurbation Cotonou -Abomey-Calavi - Sèmè. Ce développement urbain d'envergure, associé aux développements de la cité administrative et ministérielle, va permettre de créer un nouvel axe urbain à l'Ouest de la conurbation. Le présent projet de quartier se positionne ainsi pour répondre à la volonté gouvernementale de désenclaver et de moderniser Cotonou. En termes de réseaux souterrains, et en particulier d'assainissement, ce nouveau quartier répondra donc aux règles de l'art, et aux objectifs gouvernementaux et internationaux pour la collecte et le traitement. Se faisant, l'habitat et le quartier sera assaini, en termes de gestion des eaux pluviales mais également pour la gestion des eaux usées. Ce projet nous a permis de faire une analyse minutieuse en matière de conflits des réseaux souterrains. Partant de la vérification sur la précision des appareils topographiques et des travaux préalablement réalisés avant notre arrivée, nous nous sommes rendu compte que les conflits rencontrés provenaient de plusieurs sources comme : le non-respect en totalité du principe de positionnement des réseaux, la modification des plans validés lors de l'exécution des travaux sans tenir compte dans plans de récolelement, le manque de coordination entre les différents acteurs, l'espace restreint et l'exécution de certains plans non validés ou en cours de validation par les maîtres d'œuvres en raison de la pression des travaux.

A travers ce projet, l'utilisation du logiciel Mensura Genius a été un grand avantage pour nous allant de la précision des calculs à l'optimisation de la conception. Il a permis d'avoir une vue d'ensemble de tous les réseaux et les éventuels conflits à venir afin de les résoudre. L'analyse des données topographiques et des études de cas ont montré l'importance d'une planification rigoureuse et d'une coordination étroite entre les différents intervenants du projet.

Ce mémoire a mis en lumière l'ingénieur topographe qui est un professionnel spécialisé dans la mesure, la représentation et l'analyse des formes et des caractéristiques du terrain. Il joue un rôle clé dans la conception et la réalisation des divers projets d'ingénierie et de construction, en fournissant des données précises sur les dimensions, les altitudes, les contours et les emplacements exacts des éléments naturels et construits sur le site.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- INSAE. (2003). Caractéristiques Générales de la Population : résultats définitifs. Cotonou, P.6
- Koffi & Diabaté Architecte. (2018). Cahier des Prescriptions Urbaines, Paysagères et Environnementales : Etude de programmation et de planification urbaine, P.9
- Koffi & Diabaté Architecte. (Mars 2018). Étude de programmation et de planification urbaine d'un nouveau quartier de 10 396 logements à Ouèdo - Abomey Calavi : Notice réseaux, P.5-8
- Gorges VALENTIN. (1999). Guide pour l'établissement des réseaux souterrains : Technique de la distribution d'électricité, P.9-11
- Guide Technique EU 3M. (2014). Prescription technique pour la conception et la réalisation des réseaux d'assainissement P.3-5
- OGETA. (Juillet 2019). Guide de conception et de coordination des travaux en sous-sol, P.5-6
- Hannah Goldberg. (Juillet 2018). Détection et modélisation des réseaux et ouvrages enterrés, A&S, bureau de dessin. Rapport de fin d'études d'ingénieur en Génie Urbain, Ecole des ingénieurs de la ville de Paris, P.39
- CECO-BTP Ingénieurs Conseils. (2018). Projet de construction de logements sociaux a Ouèdo dans la commune d'Abomey Calavi : viabilisation primaire du site- Rapport d'étude d'impact environnementale et sociale de la voirie - Avant-Projet détaillé (APD), P.12
- AIT ALI Bilal et ZOUBIR Rachid. (2012). Etude VRD de 1032 logements d'Ouled Mendil à Alger. Rapport de fin d'études pour l'obtention du diplôme de technicien supérieur en bâtiments et travaux publics, Institut National Spécialisé en Formation Professionnelle d'Ouaguenoune, P.75
- C. Arnal, M. Messin (BRGM) et All. (2003). Risque liés aux ouvrages souterrains. Détermination d'une échelle de dommages, 214p
- MENSURA. (2009). Manuels : Gnius-Assainissement_Hydraulique, 464p

WEBOGRAPHIE

N° d'ordre	Adresse du site	Date et heure de consultation
1	https://www.stradal-vrd.fr	02/07/23-09h26
2	https://www.solutionsvrd.fr	04/07/23-22h35
3	https://www.beyond-asset.com	10/08/23-20h50
4	https://www.foif.com	23/08/23-21h32
5	https://www.french.surveyworlds.com	05/10/23-02h55
6	https://www.geomato.com.cn	15/10/23-10h02
7	https://www.vrd-eau.com	01/11/23-15h33
8	https://www.tokopedia.com	29/11/23-16h45
9	https://www.leica-geosystems.com	30/12/23-23h54
10	https://www.constructioncayola.com	08/01/24-05h31
11	https://www.mesure-laser.com	22/01/24-06h33
12	https://www.sribd.com	01/03/24-12h06
13	https://www.sttl-topographie.com	10/03/24-11h35
14	https://www.batiweb.com	05/04/24-04h50
15	https://www.lechefdeprojet.ma	18/04/24-13h41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Coordonnées cartographiques des rues concernées.....	11
Tableau N°2 : Dynamique d'occupation du sol de 2006 à 2016.....	13
Tableau N°3 : Caractéristiques du château d'eaux proposées.....	20
Tableau N°4 : Puissance nécessaire pour le réseau éclairage public.....	23
Tableau N°5 : Recouvrement minimaux des réseaux souterrains.....	29
Tableau N°6 : Liste des centres de documentations parcourus.....	33
Tableau N°7 : Caractéristiques techniques du récepteur GNSS FOIF A90.....	42
Tableau N°8 : Caractéristiques techniques du niveau automatique Léica NA720.....	43
Tableau N°9 : Récapitulatif des coordonnées des bornes PERENNES et de la polygonation secondaire du Lot 4.....	45
Tableau N°10 : Vérification de la précision des bornes de références PERENNES et de la polygonation secondaire.....	56
Tableau N°11 : Calcul des erreurs de positionnement et de verticalité de quelques bornes de références PERENNES et de la polygonation secondaire.....	57
Tableau N°12 : Calcul du cheminement fermé aller-retour des bornes de références PERENNES.....	58
Tableau N°13 : Tableau de points de coordonnées extraites à partir du plan du réseau BTR Ilot4.....	69
Tableau N°14 : Comparaison entre les coordonnées projets et relevées après récolelement d'une partie du réseau Télécom.....	70

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Présentation de la zone d'étude.....	8
Figure N°2 : Formations pédologiques de la zone d'étude.....	9
Figure N°3 : Réseau hydrographique de la zone d'étude.....	10
Figure N°4 : Localisation du périmètre d'étude.....	11
Figure N°5 : Plan topographique de la zone du projet.....	12
Figure N°6 : Organigramme de la VRD.....	16
Figure N°7 : Schéma directeur de collecte et de transport des eaux pluviales dans l'ensemble de la zone du projet.....	18
Figure N°8 : Principe de pose des regards eaux usées.....	19
Figure N°9 : Répartition des pressions, des débits, des vitesses et des pertes de charge du fonctionnement du réseau AEP.....	21
Figure N°10 : Tracé du réseau HT.....	22
Figure N°11 : Réseau d'alimentation principal du réseau télécom.....	24
Figure N°12 : Chambre de jonction pour câbles à fibres optiques.....	25
Figure N°13 : Pictogramme des réseaux souterrains.....	28
Figure N°14 : Extrait du plan réseau eaux usées des rues 6 et 7.....	34
Figure N°15 : Extrait du plan réseau eaux pluviales des rues 6 et 7.....	34
Figure N°16 : Extrait du plan réseau télécommunication montrant la plateforme 3.7.....	35
Figure N°17 : GNSS FOIF A90.....	41
Figure N°18 : Niveau automatique Léica NA720 et ses accessoires.....	43
Figure N°19 : Certificat d'étalonnage du récepteur GNSS FOIF A90.....	46
Figure N°20 : Certificat d'étalonnage du niveau automatique Léica NA720.	47
Figure N°21 : Paramétrage du PDA du GNSS FOIF A90 avant le relevé des points	48
Figure N°22 : Fiche signalétique de la borne IGN-TBT.....	50
Figure N°23 : Fiche signalétique de la borne IGN-TKG.....	51
Figure N°24 : Principe de positionnement des réseaux souterrains.....	65

Figure N°25 : Extrait du plan réseau BTR de la plateforme 4Mt.....	68
Figure N°26 : Conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées plateforme 3.1.....	72
Figure N°27 : Plan de synthèse brut des réseaux des rues N°20 et 21b.....	74
Figure N°28 : Plan de synthèse des réseaux après traitement des rues N°20 et 21b.....	75
Figure N°29 : Plan de synthèse des réseaux de la plateforme 3.1.....	77
Figure N°30 : Profil en long montrant la partie du conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées sur la plateforme 3.1.....	78
Figure N°31 : Profil en long présentant la résolution du conflit entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées de la plateforme 3.1.....	79
Figure N°32 : Plan de synthèse des réseaux de la rue N°12 et des voies environnantes.....	82
Figure N°33 : Profil en long d'une partie du réseau eaux pluviales de la rue N°12.....	83
Figure N°34 : Profil en long d'une partie du réseau eaux pluviales de la rue N°35.....	83
Figure N°35 : Plan du réseau eaux pluviales de la rue N°12 et des voies environnantes – solution.....	84
Figure N°36 : Profil en long présentant la résolution du conflit du réseau eaux pluviales à l'intersection des rues N°12 et 35.....	85

LISTE DES PHOTOS

Photo N°1 : GNSS FOIF A90 en station.....	43
Photo N°2 : Calage du GNSS FOIF A90 avant les travaux sur la borne SL03.....	52
Photo N°3 : Implantation de l'axe d'un point du réseau éclairage public après la fouille.....	52
Photo N°4 : Fiches de réceptions de l'implantation, fond de fouille et béton de propreté sur la voie transversale Ilot 4.....	53
Photo N°5 : Conflit entre le réseau AEP et le réseau eaux usées plateforme 4.4.....	63
Photo N°6 : Conflit entre le réseau AEP et le réseau eaux usées plateforme 4.4.....	63
Photo N°7 : Conflit entre les réseaux eaux pluviales et AEP sur la voie secondaire 2.....	64
Photo N°8 : Espacement entre un regard eaux usées et la limite du bâtiment sur la rue N°2.....	66
Photo N°9 : Tuyau PVC 200 utilisé pour protéger un tuyau AEP sur la voir transversale.....	66
Photo N°10 : Pose de tuyaux du réseau éclairage public sur le rue N°40 après réception.....	71
Photo N°11 : Pose de tuyaux PEHD Ø600 du réseau eaux pluviales sur la voie transversale..	71

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE.....	ii
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iii
DEDICACES.....	iv
REMERCIEMENTS.....	v
RESUME.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES ET REVUE DE LITTERATURE.....	2
I-1 CADRE THEORIQUE DU PROJET.....	3
1.1.1 Contexte, justification et problématique de l'étude.....	3
1.1.2 Objectif général.....	5
1.1.3 Objectifs spécifiques.....	5
1.1.4 Hypothèse du travail.....	5
1.1.5 Clarification de concepts.....	6
1.1.6 Démarche méthodologique.....	6
1.1.7 Instruments et logiciels.....	7
I.2 CADRE GEOGRAPHIQUE D'ETUDE.....	7
1.2.1 Localisation et démographie du milieu d'étude.....	7
1.2.2 Formations pédologiques.....	8
1.2.3 Réseau hydrographique.....	9
1.2.4 Description du milieu restreint récepteur du projet.....	11
1.2.5 Topographie de la zone du projet.....	12
1.2.6 Occupation du sol dans la zone du projet.....	13
I-3 GENERALITES	13
1.3.1 Généralités sur la topographie.....	13

1.3.1.1 Définition.....	13
1.3.1.2 Utilité de la topographie dans la gestion des conflits des réseaux souterrains.....	14
1.3.2 Généralités sur les réseaux d'assainissement et divers.....	15
1.3.2.1 Importance des réseaux souterrains dans les infrastructures urbaines.....	15
1.3.2.2 Organigramme.....	16
1.3.2.3 Présentation des réseaux de l'assainissement.....	17
1.3.2.4 Présentation des réseaux divers.....	20
I.4 REVUE DE LITTERATURE.....	25
1.4.1 Evolution des réseaux souterrains.....	25
1.4.2 Conditions générales d'établissement des réseaux souterrains.....	26
1.4.3 Principe de pose des réseaux.....	27
1.4.3.1 Limitation des impacts.....	27
1.4.3.2 Contrainte de pose des réseaux.....	27
1.4.3.3 Recouvrements minimaux.....	29
1.4.3.4 Distances et croisements.....	29
1.4.3.5 Couleurs des grilles avertisseurs.....	30
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES.....	32
II.1 RECHERCHE DOCUMENTAIRE.....	33
II.2 MATERIELS ET METHODES DE L'UTILISATION DES PLANS VALIDES PAR LE MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE POUR L'EXTRACTION DES COORDONNEES PLANIMETRIQUES ET ALTIMETRIQUES.....	34
2.2.1 Collecte des données.....	34
2.2.1.1 Plans validés des réseaux d'assainissement.....	34
2.2.1.2 Le Modèle Numérique de Terrain (MNT).....	35
2.2.2 Programmes et logiciels.....	35
2.2.2.1 Le logiciel Microsoft Excel.....	35
2.2.2.2 Le logiciel QGIS.....	36

2.2.2.3 Le logiciel AutoCad avec extension Covadis.....	38
2.2.3 Méthodes de collecte des données.....	39
2.2.3.1 Extraction des données des plans validés.....	39
2.2.3.2 Validation et corrections éventuelles sur le terrain.....	39
2.2.4 Méthodes de traitement des données.....	40
2.2.4.1 Pré-traitement des données.....	40
2.2.4.2 Superposition avec le MNT.....	40
II.3 INSTRUMENTS ET METHODES UTILISES POUR L'IMPLANTATION DES RESEAUX.....	41
2.3.1 Instruments de collecte des données.....	41
2.3.1.1 Le récepteur GNSS FOIF A90.....	41
2.3.1.2 Le niveau automatique Léica NA720.....	43
2.3.2 Méthodes de collecte des données.....	44
2.3.2.1 Vérification de la précision des appareils topographiques.....	46
2.3.2.2 Vérification de la précision des bornes de polygonation.....	49
2.3.2.3 Implantation des coordonnées sur le terrain.....	51
2.3.2.4 Réception de l'implantation par la mission de contrôle.....	52
2.3.3 Méthodes de traitement des données.....	54
2.3.3.1 Calcul des écarts planimétriques et altimétriques des bornes observées avec le récepteur GNSS.....	54
2.3.3.2 Calcul du cheminement fermé aller-retour des bornes de références PERENNES.....	54
II.4 MATERIELS ET METHODES DE L'ANALYSE DES CAUSES LIEES AU CONFLIT DES RESEAUX EN PRESENTANT TROIS CAS PRATIQUES DE GESTION DE CONFLITS.....	60
2.4.1 Matériels de collecte des données.....	60
2.4.1.1 Le logiciel Mensura Genius.....	60
2.4.1.2 Les plans validés par le maître d'ouvrage délégue.....	61
2.4.2 Méthodes de collecte des données.....	61

2.4.2.1 Exploitation des plans et des bases de données.....	61
2.4.2.2 Questionnaires auprès des parties prenantes.....	62
2.4.3 Méthodes de traitement des données.....	62
2.4.3.1 Modélisation avec le logiciel Mensura Genius.....	62
2.4.3.2 Etude des causes de conflits.....	63
CHAPITRE III : RESULTATS ANALYSES ET DISCUSSIONS.....	67
III.1 RESULTATS.....	68
3.1.1 Utilisation des plans validés par le maître d'ouvrage délégué pour l'extraction des coordonnées planimétriques et altimétriques.....	68
3.1.2. Utilisation du récepteur GNSS et du niveau automatique pour l'implantation des réseaux.....	69
3.1.2.1 Vérification de la précision des points implantés sur le terrain.....	69
3.1.2.2 Pose du réseau et fermeture de la fouille.....	71
3.1.3 Résultats de l'analyse des causes liées au conflit des réseaux en présentant trois cas pratiques de gestion de conflits.....	72
3.1.3.1 Gestion des conflits avec le logiciel Covadis.....	72
3.1.3.2 Conflits en phase d'études.....	72
3.1.3.3 Conflits entre les réseaux eaux pluviales et eaux usées sur la plateforme 3.1.....	76
3.1.3.4 Conflits entre le même réseau eaux pluviales à l'intersection des rues N°12 et 35.....	80
III.2 ANALYSES ET DISCUSSIONS.....	86
3.2.1 Analyses et discussions de l'utilisation des plans validés par le maître d'ouvrage délégué pour l'extraction des coordonnées planimétriques et altimétriques.....	86
3.2.2. Analyses et discussions de l'utilisation du récepteur GNSS et du niveau automatique pour l'implantation des réseaux.....	86
3.2.3 Analyses et discussions des causes liées au conflit des réseaux en présentant trois cas pratiques de gestion de conflits.....	87
III.3 DIFFICULTES RENCONTREES ET SUGGESTIONS.....	89

III.4 LIMITES ET PERSPECTIVES.....	91
CONCLUSION.....	93
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	94
WEBOGRAPHIE.....	95
LISTE DES TABLEAUX	96
LISTE DES FIGURES.....	97
LISTE DES PHOTOS.....	99
TABLE DES MATIERES.....	100