

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

Ecole Polytechnique
d'Abomey-Calavi
(EPAC)



Centre Autonome de
Perfectionnement
(CAP)



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

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS
LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES
OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES
DONNEES SUR LES MEMES POINTS**

OPTION : Géomatique

Présenté et soutenu publiquement le 28 Mars 2024 par

ADJIBOYE Kayodé Sylvestre

devant le Jury composé de :

Président :

Dr K. Valéry DOKO, Maitre de Conférences des Universités du CAMES, **Chef** Département de
Génie Civil de l'EPAC

Examineur :

M. Yêzidou TOUKOUROU, Ingénieur Géomètre, Géomètre Expert Agréé

Directeur de mémoire :

Dr Léopold DEGBEGNON, Maitre de Conférence des Universités du CAMES

Co-maître de mémoire :

M. Médard J. C. de SOUZA, Ingénieur Géomètre, Géomètre Expert Agréé

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE.....	3
CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE.....	11
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES	30
CHAPITRE IV : RESULTATS.....	48
CHAPITRE V : DISCUSIONS.....	70

DEDICACE

A

- Feu **HOUINOU Gossou Jean**, précédemment maître de mémoire, que la terre lui soit légère et que son âme repose en paix.

REMERCIEMENTS

A l'issue de cette étude, nous exprimons notre gratitude à tous ceux qui ont contribué de façon directe et indirecte, scientifiquement ou moralement à la réalisation de ce mémoire. Nos sincères remerciements vont à l'endroit :

- de Monsieur le Directeur de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC),
Professeur Guy Alain ALITONOU ;
- du Chef Service du Centre Autonome de Perfectionnement (CAP), **Professeur Fidèle Paul TCHOBO** ;
- du coordonnateur de formation, le **Professeur Léopold DEGBEGNON**, Docteur en géodésie, Maître de Conférences des Universités de CAMES qui, malgré ses multiples occupations, a accepté d'assurer l'encadrement de notre formation ;
- du **Docteur Ingénieur DOKO Kouandété Valéry**, Maître de conférences des Universités de CAMES, Enseignant chercheur au Département de Génie Civil à l'EPAC (Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi) et Chef du département de Génie Civil à l'EPAC ;
- de tous les professeurs de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC) en particulier ceux qui interviennent dans la formation continue au Centre Autonome de Perfectionnement (CAP) ;
- de tout le personnel du Centre Autonome de Perfectionnement (CAP) ;
- de l'**Ingénieur Médard J.C de SOUZA**, mon co-maître de mémoire pour les conseils et tout le temps qu'il a consacré à ce travail malgré son emploi du temps chargé.
- du **Proviseur Anselme Fortuné HOUNKPATIN**, pour son soutien quotidien à l'endroit de ma personne ;
- de l'**Ingénieur Yèzidou TOUKOUROU**, Géomètre-Expert Agréé, Directeur du cabinet BECTAFEG qui malgré leurs multiples obligations ont accepté de conduire ce travail, nous exprimons vivement notre profonde gratitude ;
- du **Docteur Ingénieur Jean Raphaël ADELAKOUN**, pour sa présence de tous les jours à l'endroit de ma personne ;

- de Monsieur **Abélard Nugbodéa TOBOEGOUN**, pour ses différents conseils et encouragement à l'endroit de ma personne ;
- de mes parents, maman et papa pour leur soutien quotidien ;
- de mes frère et sœur **Christian Odjouri ADJIBOYE, Ginette Jeanne Makandjou ADJIBOYE** et **Eliézer Adellodjo ADJIBOYE**, pour leur soutien ;
- du ménage **Antoine ZINSALO** et **Mireille AYIOU** pour son accompagnement ;
- du ménage **Moïse ADANKPETODE** et **Jeannette NOUHOU** pour son soutien ;
- de **Corine Mahussi AZANHOUE** pour ses conseils ;
- de tous les élèves Ingénieurs de promotion, pour l'ambiance dans la solidarité et dans la fraternité, je vous considère tous ;
- de tous les légionnaires de Marie en particulier les légionnaires de la Paroisse Marie Auxiliatrice de Mènontin, pour leur prière, Dieu a exaucé par l'intersection de la Vierge Marie.
- Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail ;
- Tous les honorables membres du jury pour leur contribution à l'amélioration de ce mémoire.

SIGLES ET ACRONYMES

ASECNA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar

CAO : Conception Assistée à l'Ordinateur

CAP : Centre Autonome de Perfectionnement

CORS : Continuously Operating Reference Station : Station de Référence à Fonctionnement Continu

DAO : Dessin Assisté à l'Ordinateur

EPAC : Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi

ESIGT : Ecole Supérieure d'Ingénieur Géomètre Topographe

GNSS : Global Navigation Satellite System : Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites

GPS : Global Positioning System : Système de Géolocalisation par Satellites

IGN : Institut Géographique National

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

ITRF : International Terrestrial Reference Frame : Référentiel Terrestre International

m : mètre

mm : millimètre

MCA : Millenium Challenge Account (MCA-Benin) : Objectifs du Millénaire

PDOP : Planimetric Dilution Of Precison : Dillution de Précision de Position

ppm : partie pour millions ; soit 1mm/km

RGB : Réseau Géodésique du Bénin

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

RSPB : Réseau des Stations Permanentes du Bénin

RTK : Real Time Kinematic (Méthode cinématique temps réel)

RTN : Real Time Network : Réseau en Temps Réel

UAC : Université d'Abomey Calavi

UTM : Universal Transverse Mercator

WGS 84 : World Geodetic System : Système géodésique mondial de l'année 1984

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Centres de documentation visitée

Tableau n°2 : Les coordonnées relatives aux trois appareils liés à la Tranche d'heure 07h_11h

Tableau n°3 : Les coordonnées relatives aux trois appareils liés à la Tranche d'heure 12h_15h

Tableau n°4 : Les coordonnées relatives aux trois appareils liés à la Tranche d'heure 16h_19h

Tableau n°5 : Moyenne par période sur les 3 appareils

Tableau n°6 : Moyenne sur chaque Récepteur

Tableau n°7 : Moyenne par période sur les 3 appareils

Tableau n°8 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil T30 Sino GNSS

Tableau n°9 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil T30 Sino GNSS

Tableau n°10 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil E600 GNSS Survey

Tableau n°11 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil E600 GNSS Survey

Tableau n°12 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil T300 Sino GNSS

Tableau n°13 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil T300 Sino GNSS

Tableau n°14 : Les coordonnées en mode statique des onze points au cours d'une semaine.

Tableau n°15 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne générale en mode statique

Tableau n°16 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne générale en mode statique

LISTE DES FIGURES

Figure n°1 : Carte de situation géographique et administrative de la commune d'Abomey-Calavi

Figure n°2 : Carte administrative du Bénin montrant les douze départements du territoire

Figure n°3 : Evolution des hauteurs de pluies de 1985 à 2015

Figure n°4 : Carte pédologique de la commune d'Abomey-Calavi

Figure n°5 : Evolution de la population entre 1979 et 2013

Figure n°6 : Illustration du positionnement par GPS

Figure n°7 : Carte des réseaux géodésiques de 1er ordre et de nivellement du Bénin

Figure n°8 : Carte des réseaux géodésiques de 2è ordre et de du Bénin

Figure n°9 : Sept stations permanentes du réseau CORS-GNSS du Bénin

LISTE DES PHOTOS

Photos N°1&2 : Vue montrant deux bornes géodésiques dont celle à gauche du 1er ordre et celle à droite de 2eme Ordre

Photos N°3 & 4 : Vue montrant l'installation de la base et l'antenne (radio) de T30 Sino GNSS.

Photos N°5 & 6 : Vue montrant base fixe ainsi que l'antenne

Photo N°7 : Vue de la base E600

Photo N°8 : Vue montrant le Rover T300

Photo N°9 : Vue montrant l'installation de la base

Photos N°10, 11 & 12 : Points scellés G2_22, G2_2 et G2_16

Photos N°13, 14 & 15 : Points scellés G2_17, EPAC_2 et G2_8

Photos N°16, 17 & 18 : Vue montrant la forêt classée de l'UAC dont se trouve les points G2_12 et G2_13

Photos N°19, 20 & 21 : Croquis de certains points rattachés liés à la perte des signaux.

Photos N°22 & 23 : Vues montrant la vérification du Bluetooth ainsi le démarrage des travaux

Photos N°24 & 25 : Le rattachement et la prise en compte des points dans le système

Photos N°26 & 27 : Vues montrant l'installation de la canne en mi-journée et la nuit

Photos N°28 & 29 : Vues montrant le croquis des 11 points choisis et G2_11 en installation

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique n°1 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil T30 Sino GNSS

Graphique n° 2 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil T30 Sino GNSS

Graphique n°3 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil E600 GNSS Survey

Graphique n°4 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil E600 GNSS Survey

Graphique n°5 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil T300 Sino GNSS

Graphique n°6 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'Appareil T300 Sino GNSS

Graphique n°7 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des trois appareils par rapport au mode statique sur onze points sur les vingt-deux.

Graphique n°8 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des trois appareils par rapport au mode statique sur onze points sur les vingt-deux.

RESUME

La qualité des données en topométrie est caractérisée par la précision, la fidélité et l'exactitude de l'instrument ayant servi à leur collecte. Néanmoins quelles qu'en soient les précautions prises par l'opérateur, une mesure est toujours entachée d'une certaine erreur tolérée. Cette incertitude provient de divers facteurs : la méthode utilisée, l'instrument employé, les sens de l'opérateur, la grandeur mesurée, l'environnement, etc... La précision des opérations topométriques soulèvent donc entre autres questions, celle de la qualité des instruments et des méthodes utilisées d'une part et celle de l'environnement dans lequel les observations ont été faites sans oublier l'utilisation que le technicien compte faire des mesures effectuées, d'autre part.

La présente étude se propose de répondre à la question fondamentale qu'est de savoir à quelle période de la journée la précision relative aux observations des récepteurs GPS/GNSS est bonne ?

Notre objectif étant de faire des séries d'observations dans les mêmes conditions d'utilisation et à des temps d'observations afin de mettre en exergue les éventuelles erreurs commises par leur mode opératoire.

Vu la grande variété des récepteurs GPS qui inondent le marché de nos jours, nous avons identifié trois (03) récepteurs de marques différentes (E600 GNSS Survey, T300 Sino GNSS et T30 Sino GNSS), parmi les plus utilisés sur le marché disponible dans le pays.

Les résultats trouvés lors de nos essais avec les trois différents appareils nous amènent à parler de la qualité de l'observation du récepteur GPS/GNSS dans son homogénéité ainsi que le rattachement des différents travaux exécutés aux réseaux géodésiques, et donc, du coup, la matinée est la meilleure période pour l'observation du récepteur GPS/GNSS.

Mots clés : Topographie, Observation, Instruments, Ecart, Erreurs, Précision.

ABSTRACT

The quality of the data Topometry is characterised by the precision, the faithfulness and the exactness of the tools that have been used for collecting them. Nevertheless, whatever cautious a researcher could be, a measurement process can sometimes be affected by some errors. This uncertainty is due to different factors mainly the methodology and the tool used, the operator or the researchers experience and the scope of the subject under investigation, or the environment itself, to state only those.

The accuracy of the planimetric and altimetry operations therefore arise among other preoccupations such as the problem of the quality of the instruments and the methods used on one hand and the one of the environment in which the observation have been done on the other hand. A great account must also be taken of the purpose it meant to address.

The present survey is meant to bring answers to the following central question wishes: which time of the day is it appropriate to carry out an observation task time using a GPS or GNSS receptor?

Given the great variety of GPS receptors commercialized nowadays, we couldn't afford to investigate each brand of receptor and expect to be efficient in our task. That's the reason why we identified three different brands of GPS and GNSS namely: (E600 GNSS Survey, T300 Sino GNSS and T30 Sino GNSS). Which are the most used among those available in the country.

Our objective being to carry out some series of observations in the same research conditions and at regular observation times essays in order to shed light on the possible mistakes made by professionals while using them.

The result derived from our different surveys with the three (03) devices brought us to the quality of the observation based on the GPS / GNSS in its homogeneity is concerned in connection with the different performances realized on the permanent network station. Which brought us to the conclusion that the best time for GPS / GNSS observation is in the morning.

Key words: Topography, Observations, Instruments, Differences, Errors, accuracy.

INTRODUCTION

Avec l'évolution de la technologie, le premier système de positionnement par satellites a été développé par les Etats-Unis en 1964 et était exclusivement à usage militaire. D'une manière générale, la rivalité technologique entre les différents pays pour la mise en orbite des satellites artificiels s'est fortement accélérée après la seconde guerre mondiale. Ce qui a engendré le développement de plusieurs systèmes de positionnement (GPS, GLONASS, GALILEO...). Depuis 2000, le système GPS est devenu accessible aux populations civiles avec une précision métrique, ce qui a permis à la géolocalisation GPS de se démocratiser. A l'heure actuelle les services utilisant ces systèmes sont très nombreux et variés avec parmi les exemples les plus connus de la géo navigation automobile et la randonnée. Pour EL Ayachi et al., (2010) on assiste actuellement à un besoin sans cesse croissant de la part des utilisateurs des systèmes de positionnement par satellite en une qualité de positionnement meilleure, rapide et à moindre coût pour localiser les objets de leurs intérêts. Le système GPS existant répond à une grande partie des besoins courants. Les solutions qu'il fournit restent pourtant entachées d'une série de contraintes qu'un utilisateur potentiel exigeant cherche constamment à surmonter. L'alternative du GPS différentiel (DGPS) peut apporter des réponses à certains besoins en offrant des corrections pour l'obtention des positions.

Le sigle GNSS (Global Navigation Satellite System) est le nom générique des systèmes de navigation satellitaires fournissant une couverture globale de géo-positionnement (Duquenne et al., 2005). Il suffit d'être équipé d'un récepteur GPS pour connaître la position d'un objet. Le Global Positioning System (GPS) fournit des informations précises en matière de positionnement à un nombre illimité de personnes, sous toutes les conditions météorologiques, de jour comme de nuit, partout dans le monde (Georges, 2018). La demande accrue des méthodes GNSS par les différents utilisateurs fait en sorte qu'elles sont en développement continu pour plus de performance et de précision. Le système GPS permet à son utilisateur de connaître sa position, sa vitesse et l'heure avec précision où qu'il soit sur la Terre ou dans son voisinage. Actuellement, le système permet de se positionner en absolu à quelques mètres près et en relatif jusqu'à quelques millimètres près.

Introduit au Bénin vers les années 90 avec l'Institut Géographique National, l'utilisation des GNSS a été accentuée à partir de l'année 2010 par le projet Millenium Challenge Account (MCA-Benin) à travers son volet "accès aux fonciers". A travers ce projet, il a été mis en place au Bénin, un réseau de stations permanentes qui devrait servir de système de référence unique lors de l'exécution des différents travaux topographiques et cartographiques. Ainsi, l'utilisation du GPS en s'appuyant sur les stations permanentes, commence à rentrer dans les habitudes des géomètres surtout que l'ex-direction des domaines, de l'enregistrement et du timbre impose par exemple que les levés de bornage d'immatriculation et de morcellement soient systématiquement rattachés au réseau géodésique de ces stations permanentes. Cependant la question de la précision du résultat de ses observations GNSS se pose. En effet les observations à différents moments avec le même récepteur ou à l'aide de différents récepteurs d'un même point donnent des résultats différents au millimètre voir parfois au centimètre près.



CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE

CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE

1.1 : Contexte, justification et problématique

Dans toutes les civilisations du monde, le désir d'aménagement de son environnement apparaît comme un besoin vital. Ainsi, l'Homme évolue au rythme d'un progrès irréversible, à la recherche d'un bien-être qui part de la forme d'une propriété communautaire à la propriété individuelle. Dans cette quête du mieux-être, il a migré vers des espaces susceptibles de lui offrir gîte et couvert, sécurité et confort. Une fois cet espace trouvé, l'Homme s'arrange à l'organiser et à le protéger en marquant son territoire par des artifices identifiables, gages de son équilibre social.

Ces artifices qui sont en réalité les bornes permettent la délimitation de l'espace trouvé. La protection de ce territoire ne sera obtenue que par son immatriculation. Or pour immatriculer une propriété il faut obligatoirement passer le bornage contradictoire ou de morcellement. Chacune de ces opérations nécessite l'intervention d'un géomètre expert afin d'identifier la position réelle des bornes de délimitation et de déterminer la superficie réelle de la propriété. Pour atteindre ses résultats les géomètres experts doivent disposer d'un système de positionnement GPS/GNSS qui offre une marge d'erreur de positionnement très négligeable, et offre le moyen de vérifier l'intégrité des données de positionnement pour éviter de se fier à de fausses informations. Les récepteurs GPS/GNSS, permettent à tout utilisateur de calculer en temps réel sa position. Ils reposent sur le principe de multilatération spatiale dans lequel la position inconnue de l'utilisateur est déterminée en mesurant les distances géométriques séparant son récepteur d'un ensemble de satellites en orbite (Durand, 2003). Hélas, l'équipement de positionnement tel que le récepteur GPS/GNSS n'est pas capable, à lui seul, de garantir l'exactitude de l'information de géolocalisation (WAAS, 2010). Malgré le succès reconnu de l'utilisation des technologies de positionnement RTK (ou RTN : Real-Time Network), ces techniques présentent certaines contraintes en termes de coût et de complexité d'établissement d'un réseau de stations permanentes et d'accès aux éphémérides précises en temps réel (Chouaer, 2017).

En effet, la complexité du réseau GPS/GNSS sur lequel se base le positionnement RTK (RTN) et qui nécessite la mise en place d'une ou de plusieurs stations de référence ainsi qu'une liaison radio et un système de traitement de données centralisé, rend cette

solution onéreuse et requiert des moyens humains et matériels pour l'établir. Notons que, dans plusieurs parties du monde, de telles infrastructures ne sont pas (et ne seront probablement jamais) couvertes. De plus, dans le cas d'un mouvement d'une zone étendue due à un tremblement de terre qui touche, dans la majorité des cas, une large superficie, le réseau se voit entièrement affecté par le déplacement de la croûte terrestre, ce qui constitue une des principales limitations du positionnement RTK (RTN) (Chouaer, 2017). La compétition croissante pour l'accès à la terre et pour les autres ressources naturelles entraîne la multiplication des conflits et la spéculation sur le principal facteur de production qu'est la terre. Le Bénin se classe aujourd'hui parmi les pays de la sous-région ouest africaine marqués par une croissance régulière des conflits fonciers de toutes sortes. Si les raisons de ces conflits sont de plusieurs ordres, le dispositif technique utilisé par les topographes et les cartographes participent énormément à cette situation.

Les performances GPS/GNSS sont définies par les paramètres du système (position des satellites, type de signaux) mais dépendent également fortement de l'environnement de propagation des signaux.

Par contre, il est plus difficile de prévoir et d'analyser l'impact de l'environnement (végétations, constructions, . . .) proche du récepteur GPS/GNSS. Pour favoriser la réalisation des grands travaux de développement durable économique en République du Bénin, il est souhaitable de faire les levés du territoire du Bénin à l'échelle 1/25000 pour mieux apprécier les informations (détails/relief). C'est la raison pour laquelle, il est nécessaire de réaliser une densification du réseau jusqu'au 3^{ème} ordre au moins (DEGBEGNON, 1993) afin de créer une base pour les levés en termes de précision, comme c'est le cas qu'il est question.

Face à tous ces constats, un certain nombre de questions se posent :

- quelle est l'homogénéité des observations GNSS ?
- comment prévoir et analyser l'impact de l'environnement proche du récepteur GPS/GNSS ?
- quelle est la meilleure période de la journée pour une observation GNSS ?

Pour mieux répondre à ces questions, nous allons étudier le thème suivant :

Précision des observations GPS/GNSS dans le temps et dans l'espace : cas des observations faites à des périodes données sur les mêmes points.

Afin de cerner le thème nous nous sommes fixés quelques objectifs.

1.2 : Objectifs

1.2.1 : Objectif global

L'objectif global de la présente recherche est d'analyser les résultats des observations GNSS et d'étudier la conformité des informations recueillies en fonction de la marge horaire de précision des données planimétriques dans les conditions idéales d'utilisation sur le terrain.

1.2.1.1 : Objectifs spécifiques

De façon spécifique, il s'agit de :

- évaluer la justesse et la précision des observations GNSS ;
- prévoir et analyser l'impact de l'environnement proche du récepteur GNSS ;
- identifier la meilleure période de la journée pour les observations GNSS ;

1.3 : Hypothèses

Les hypothèses émises sont :

- la matinée est la meilleure période pour l'observation ;
- l'environnement proche du récepteur agit sur l'exactitude des résultats obtenus ;
- la qualité de l'observation GNSS est soutenue par leur homogénéité ;

1.4 : Clarification des concepts

Dans le cadre de la présente recherche, un certain nombre de concepts ont été utilisés. Leur clarification propose pour faciliter et apprécier le moment ou la période idéale de la journée dans la prise des données avec le récepteur GNSS. Le sigle GNSS (Global Navigation Satellite System ou Système Globale de Navigation Satellitaire) est le nom générique des Systèmes de Navigation Satellitaire fournissant une couverture globale de géo – positionnement (Duquenne et al. 2005). C'est un système universel de positionnement qui fournit à un nombre illimité d'utilisateurs, à travers le monde, dans

un système de référence unique, quelques soient les conditions météorologiques, des informations de position, de vitesse et de temps. Le thème GNSS sera utilisé ici pour désigner tant le récepteur GPS ou le GPS + GLONASS, que d'autres systèmes tels que GALILEO.

1.4.1 Géodésie

La géodésie est l'étude de la forme géométrique de la terre, de son champ de pesanteur se des quantités qui y sont attachées. Elle fait appel à de nombreuses techniques qu'elle s'efforce de pousser jusqu'à leur ultime précision : mesures angulaires, mesures linéaires, mesures d'altitudes, de pesanteur, mesures astronomiques (LEVALLOIS, 1975).

Selon (Da MOROU, 2016), elle a pour mission de préciser géométriquement la forme extérieure du globe. Pour cela, elle donne la position des points géodésiques (points matérialisés durablement à la surface terrestre) dans un système de coordonnées qui a été préalablement établi et elle garantit la fiabilité des mesures dans le domaine partiel par la détermination du champ de pesanteur terrestre, grâce à des mesures gravimétriques.

1.4.2 Réseau géodésique

Le réseau géodésique est une infrastructure de base pour tous les travaux d'aménagement, travaux cartographiques et topographiques et systèmes d'informations géographiques. Le réseau géodésique national d'un pays se réalise dans un double but que sont : Scientifique (connaissance de la forme et des dimensions de la terre) et Technique (ossature, charpente, squelette pour tous les levés, carte d'un pays, plans à grande échelle...). Un point géodésique planimétrique est un point dont la position sur la terre a été déterminée précisément grâce à la géodésie, en utilisant des procédés tels que la triangulation, la polygonation et les observations GNSS. Le point géodésique peut être matérialisé par un élément précis, visible sur le sommet d'une colline ou une borne au sol, surmontée ou non d'une mire, permettant de le voir de loin. Chaque point géodésique dispose d'une fiche signalétique comprenant les coordonnées, le type de signal représentant le point ainsi qu'une description de son itinéraire illustrée par un schéma orienté.

1.4.3 Systèmes géodésiques

Pour localiser mathématiquement un objet dans un système de référence terrestre, il faut utiliser un système de coordonnées. En géodésie, il existe principalement deux systèmes tridimensionnels de coordonnées : cartésiennes et curvilignes ou géodésiques.

- Dans le système de coordonnées cartésienne, la position d'un point est définie par trois coordonnées cartésiennes orthogonales (X, Y, Z). Par convention, l'axe Z coïncide avec l'axe de rotation de la terre, le plan XY coïncide avec le plan de l'équateur, l'axe X pointe vers le méridien d'origine et l'axe Y est perpendiculaire au plan XZ.
- Dans le système de coordonnées géodésiques, la position d'un point est définie par rapport à une surface de référence courbe à l'aide de trois coordonnées curvilignes appelées encore coordonnées géodésiques que sont : la latitude (φ), la longitude (λ) (parfois appelées coordonnées géographiques) et l'altitude (h). La surface de référence courbe est un ellipsoïde de révolution dont les caractéristiques sont les suivantes : le demi-grand axe (a), l'aplatissement (f) et le demi-petit axe (b) une relation qui les lie : $b=a(1-f)$.

Les systèmes de coordonnées cartésiennes et géodésiques sont interreliés par la relation suivante :

(X, Y, Z) <-----transformation-----> (φ , λ , h)

1.4.4 Système de référence moderne

Un système de référence terrestre est un concept mathématique, donc théorique. C'est un ensemble de paramètres et conventions permettant de décrire la position d'un point dans l'espace. La réalisation concrète de ce concept s'appelle « structure de référence terrestre ». Elle matérialise le système de référence terrestre par un ensemble de repère de physiques liés à la croûte terrestre. La position de chaque point est connue avec un haut degré d'exactitude dans le système de référence terrestre (guide sur les références géodésiques au Québec, 2010). Les systèmes mondiaux wgs84 et l'ITRS sont les deux systèmes principalement qui sont utilisés dans notre pays le Bénin (arrêté N° 0068/MUHRFLEC/DC/SGM/IGN/DGURF/SA du 30 Octobre 2009, article 4).

- **WGS84**

Le système mondial de référence terrestre WGS84 a été développé et mis en place par la Defense Pepping Agency (DMA) depuis des années 1980 et spécialement pour le système GPS. Aujourd'hui, la National Geospatial-Intelligence Agence (NGA) des Etats Unis est l'organisme qui coordonne la maintenance du WSG84. Contrairement à l'ITRS, la structure qui concrétise le WGS84 porte le même nom. Le terme WGS84 désigne à la fois le système, la structure et l'ellipsoïde. La dimension de l'ellipsoïde WGS84 coïncide à une fraction près avec celle de l'ellipsoïde GRS80.

Tableau : Caractéristiques des ellipsoïdes WGS84 et GRS80

Paramètre	WGS84	GRS80
Demi-grand axe (a)	6 378 137,0000 m	6 378 137,0000 m
Demi-petit axe (b)	6 356 752,3142 m	6 356 752,3141 m
Aplatissement (f)	1/298,257223563	1/298,257222101

Source : Guide sur les référentiels géodésiques, juin 2010

On constate que les demi-grand axe noté (a) des deux ellipsoïdes WGS84 et GRS80 sont identiques et de même, les demi-petit axe noté (b) des deux ellipsoïdes se coïncident au 10^{ème} de millimètre près.

- **ITRS**

La concrétisation de l'ITRS est faite par la structure internationale de référence terrestre l'ITRF (International Terrestrial Reference Frame). Les mesures qui ont permis de réaliser l'ITRF proviennent des techniques spatiales de positionnement suivantes (guide sur les références géodésiques au Québec, 2010) :

- **VLBI** (Very Long Baseline International) : radio-interférométrie à très longue base ;
- **SLR** (Satellite Laser Ranging) : télémétrie laser sur satellites ;
- **DORIS** (Doppler Orthography by Radio-positioning Integrated on Satellite) : système de positionnement basé sur l'effet Doppler ;
- **GPS** (Global Positioning System) : système de positionnement global ;

° **LLR** (Lunar Laser Ranging) : télémétrie laser sur la lune.

L'ellipsoïde associé à l'ITRS est le GRS80. En date d'Avril 2010 la plus récente réalisation est l'ITRF2005 (2000.0), soit la 11^{ème} depuis la mise en service de l'IERS en 1988 (guide sur les références géodésiques au Québec, 2010).

CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE

CHAPITRE 2 : CADRE GEOGRAPHIQUE DU MILIEU D'ETUDE

2.1 : Situation géographique du secteur d'étude

La commune d'Abomey-Calavi est située dans la partie méridionale du Bénin et précisément dans le département de l'Atlantique. Localisée entre $06^{\circ}18'36''$ et $06^{\circ}41'24''$ latitude nord et entre $02^{\circ}12'$ et $02^{\circ}18'12''$ longitude est, la ville d'Abomey-Calavi partage ses limites au nord avec la commune de Zè, à l'est avec les Communes

d'Adjohoun, de Sô-Ava et de Cotonou, à l'ouest avec les communes de Zè, de Tori-Bossito et de Ouidah alors que sa partie sud est baignée par l'Océan Atlantique. Avec une superficie de 539 km², elle est la seconde plus vaste commune du département après celle de Zè et occupe 16,67% de son territoire. Elle représentant 0.47% de la superficie nationale de Bénin.

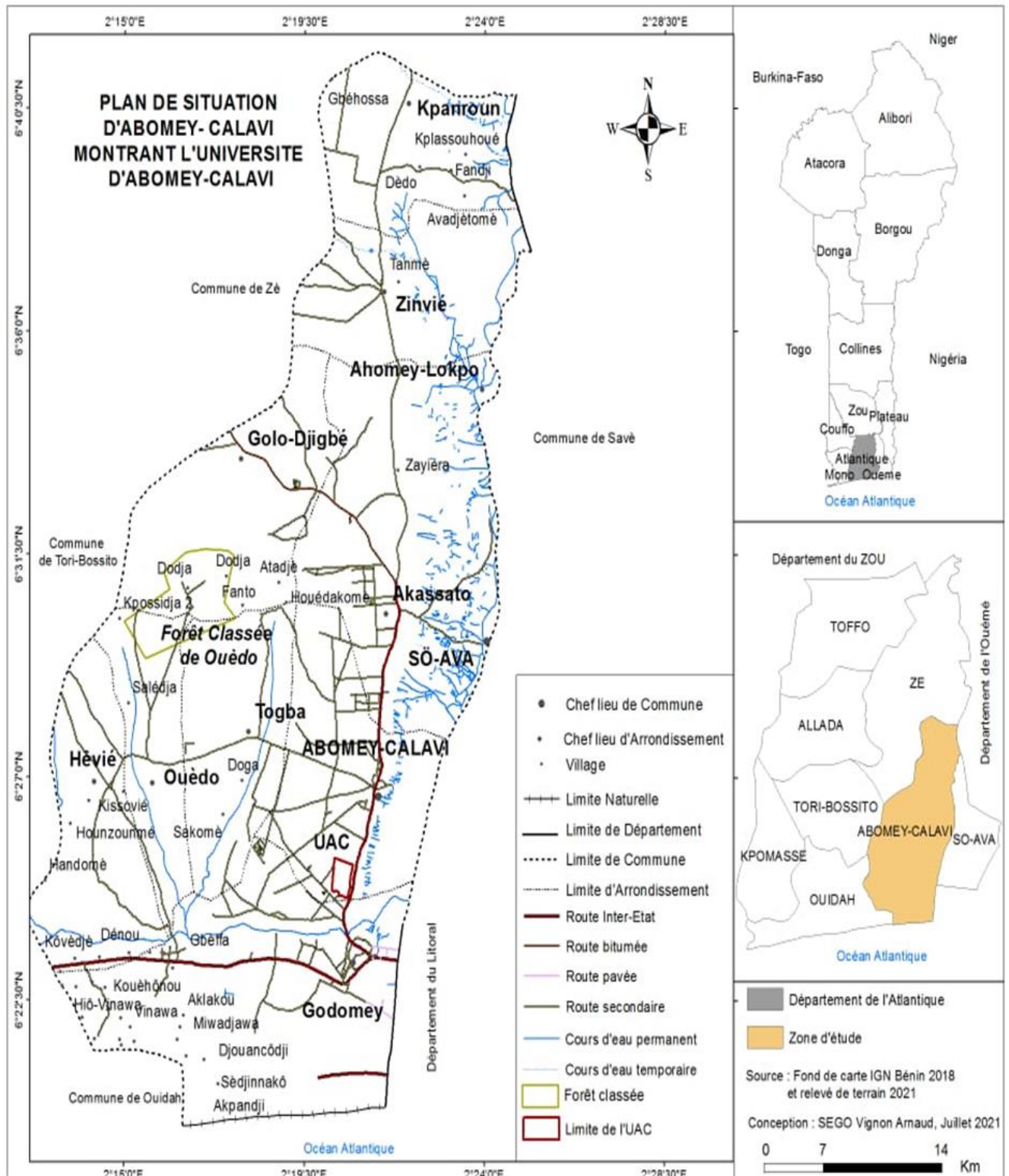


Figure n°1 : Carte de situation géographique et administrative de la commune d'Abomey-Calavi

Source : SEGO Vignon Arnaud, mai 2024

2.2 : Caractéristique biophysique

La caractérisation biophysique du cadre géographique de la présente étude fait cas des facteurs physiques et biologiques du milieu d'étude.

2.2.1 : Climat

🌦 Régime pluviométrique

Située dans la zone sud du Bénin, la commune d'Abomey-Calavi appartient à une région soumise à un climat de type béninien ou subéquatorial, semi-torride, humide avec une mousson pluvieuse, caractérisé par deux saisons de pluies.

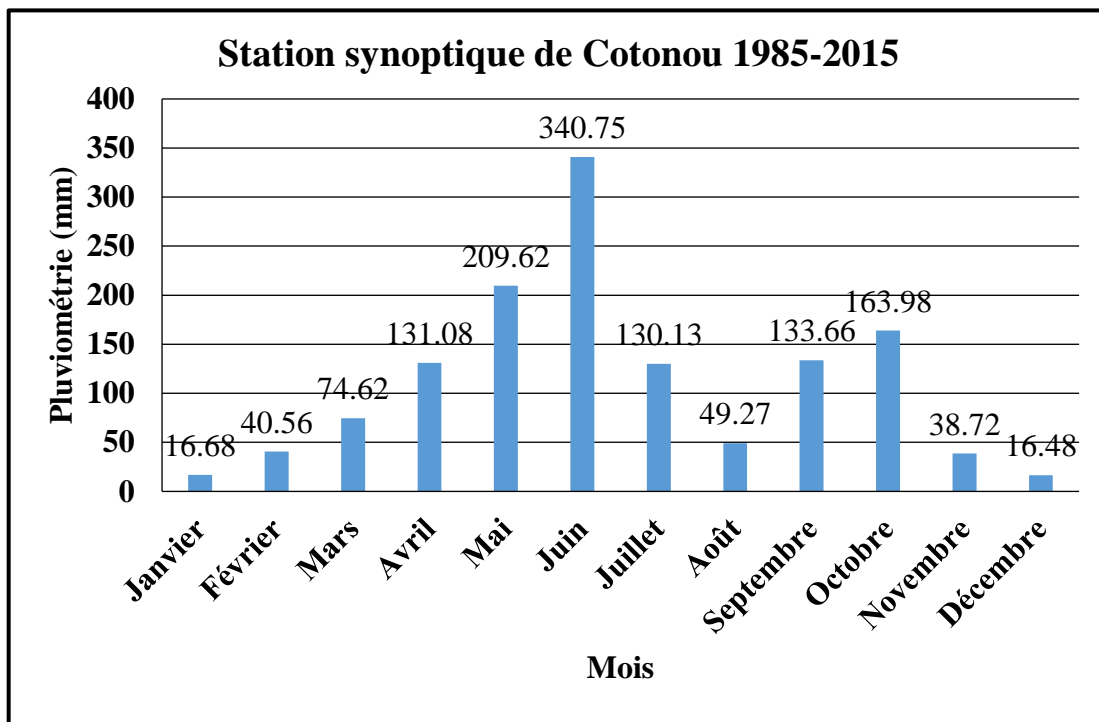


Figure n°3 : Evolution des hauteurs de pluies de 1985 à 2015

Source : ASECNA, 2016

La **figure n°3** montre un régime pluviométrique bimodal dont les deux pics moyens indiquent respectivement 340,75 mm en juin pour la grande saison pluvieuse et 163,98

mm en octobre pour la petite saison pluvieuse. La grande saison sèche d'étend de novembre à mi-mars et la petite saison sèche, de juillet à août. Le temps pluvieux, nuageux ou non, fait partie des facteurs influençant les données GNSS.

Régime thermométrique

La commune d'Abomey-Calavi est caractérisée par une forte humidité relative (75 % en moyenne par an) et des températures variant entre 23,6°C et 32,4°C. L'alizé continental encore appelé harmattan, un vent froid et sec qui crée une forte amplitude thermique pendant la journée y souffle de décembre à Janvier. Les températures ambiantes du milieu sont autant de facteurs qui modulent l'observation des données GNSS.

2.2.2 : Pédologie

La commune d'Abomey-Calavi a sa plus grande partie du territoire occupée par des sols ferrugineux tropicaux et des sols sablonneux peu propices à l'agriculture. Les sols hydromorphes très inondables n'occupent qu'une petite partie au nord du territoire. Les facettes pédologiques du milieu d'étude sont présentées par la **figure n°4**

Le couvert végétal de la commune varie selon les faciès traversés. Ainsi, on y rencontre la mangrove à palétuviers et des cocoteraies dans la zone côtière, une savane dégradée sur le plateau avec domination de la jachère à palmier à huile, et un groupement herbeux dans les marécages et le long des berges du lac Nokoué. La végétation est clairsemée et est dominée par le palmier à huile, manifestation de la pression humaine sur la végétation composée d'arbustes, de hautes herbes et par endroit de reliques de forêts sacrées. Aux abords des marigots, la végétation plus variée est composée de palmier raphia, de bambou, de fourragères et d'autres espèces hydromorphes. La **figure n°4** présente les différentes formations végétales de la commune d'Abomey-Calavi.

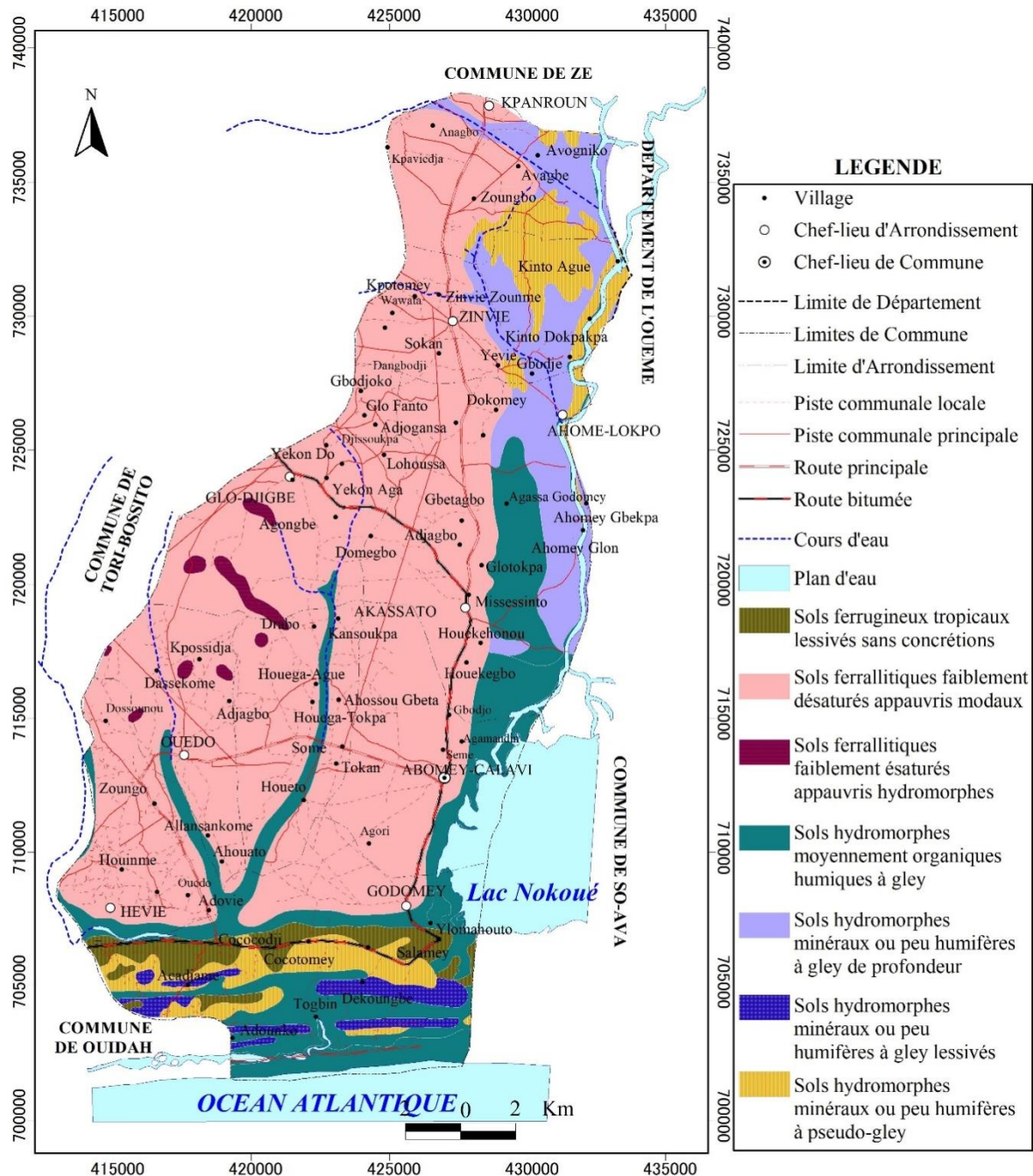


Figure n°4 : Carte pédologique de la commune d'Abomey-Calavi

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, 2021

2.2.3 : Topographie

La topographie, étant un facteur non négligeable dans la visualisation des données GNSS, il dresse le tapis topographique de la commune d'Abomey-Calavi avec l'échelle des gradients de pentes.

2.2.4 : Hydrographie

Le réseau hydrographique de la Commune est essentiellement caractérisé par un système lacustre et lagunaire dont les principaux sont le lac Nokoué et la lagune côtière. Par ailleurs, la Commune dispose d'une façade maritime juxtaposée à la lagune côtière, des marais, des ruisseaux et des marécages. De plus, le réseau hydrographique se limite aux cours d'eau temporaires très peu navigables comme le cours d'eau Hélou qui se jette dans la lagune Ahouangan. Le cours d'eau Hélou est parfois emprunté par les populations comme un raccourci pour se rendre à Togoudo. La lagune d'Ahouangan offre de conditions favorables à la pratique des cultures maraîchères et fruitières. Mais, sa traversée constitue une contrainte pour le transport puisque le seul pont précaire qui l'enjambe à la hauteur de Dodji dans l'arrondissement de Hèvié est souvent submergé par les eaux pendant la saison pluvieuse.

2.3 : Données démographiques

La commune d'Abomey-Calavi a connu une croissance démographique (9,30 %) entre 1992 et 2002. Cette tendance s'est confirmée au cours de la dernière décennie avec un taux de croissance d'environ 6,96 %. En outre, elle abrite 75 % de la population du département de l'Atlantique. La densité de population de la commune est passée de 235 habitants / km² en 1992 à 571 habitants / km² en 2002 ; puis à 1217 habitants au km² en 2013 (INSAE, 2015).

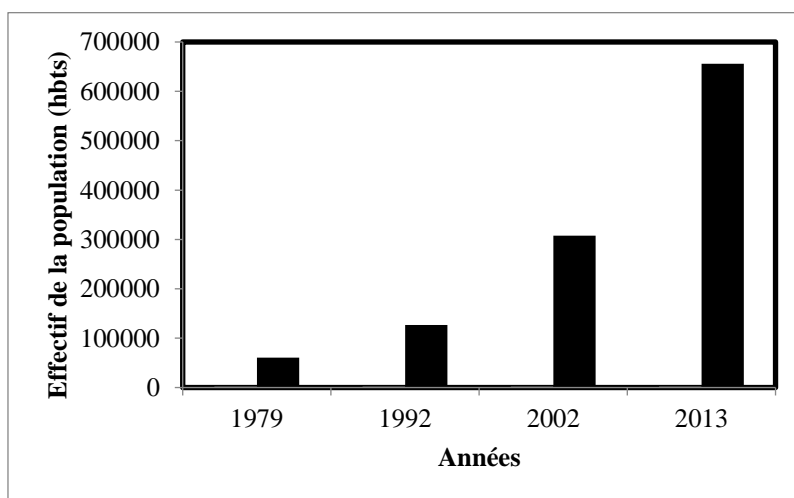


Figure n°5 : Evolution de la population entre 1979 et 2013

Source : INSAE, 2016

2.3.1 : Données socio-économiques

L'ethnie dominante dans la commune est le Aïzo, mais les migrations récentes ont permis l'installation d'autres ethnies comme les Fon, les Toffin, les Yorubas, les Nagot, les Goun et autres. Les religions les plus pratiquées sont le christianisme, les religions traditionnelles, l'islam et autres. Les données relatives à la répartition de la population par tranches d'âges par sexe par arrondissement doivent compléter ces analyses. L'analyse des mouvements de la population, principal acteur de développement de la commune, montre que la commune connaît les deux flux. Les jeunes quittent les contrées rurales pour diverses raisons (scolarisation, apprentissage, recherche d'emploi, etc.) pour la ville et les arrondissements comme Calavi centre, Godomey et bientôt Glo Djigbé. Le trop plein de Cotonou se déverse sur Calavi centre et Godomey et environs. La promotion de l'économie de la commune devient indispensable pour éviter la prolifération des centres de banditisme.

L'habitat est de type moderne avec les lotissements dans les arrondissements de Godomey et de Calavi centre. Dans le reste de la commune, les habitats sont de type traditionnels en matériaux précaires (mur surtout) avec des cours communes, parfois sans voie ou espace pour la circulation.

2.4 : Point des connaissances

La collecte des données par les récepteurs GNSS a été abordée par plusieurs auteurs (DURAND, VUILLEMEY, MOREL, KIKI...). L'importance des difficultés liées à l'exploitation desdites données tant dans les travaux géodésique, cartographique que topographique justifie l'intérêt de ces auteurs.

En effet, pour la nécessité des travaux topographiques qui exigent une grande précision en un temps record, VUILLEMEY en 2006 a mis en évidence que l'utilisation de récepteurs GPS/GNSS en temps réel (RTK) permet un gain considérable de temps par rapport à l'utilisation du théodolite et autres instruments topographiques.

Selon KIKI (2008), l'utilisation de la technologie GPS/GNSS permet d'éradiquer les problèmes de superposition et de chevauchement des relevés fonciers. Elle pourrait fait diminuer les sources de conflits fonciers et contribuer à la sécurisation foncière si les conditions de son utilisation sont réunies. Cette géolocalisation globale qui s'appuie sur

des systèmes satellitaires peut selon (LAHAYE et LADET, 2014) être entachée d'erreurs pouvant réduire la précision du calcul de la position. Ce qui se traduit par la création des litiges fonciers qui sont liés à la méthode utilisée par les techniciens en charge des travaux. Et comme l'a suggéré (KIKI, 2008) les professionnels du foncier doivent s'approprier la connaissance de base sur la technologie

GPS/GNSS et former leurs collaborateurs sur son utilisation.

Au vu de ces différentes préoccupations abordées par les différents auteurs, nous avons décidé de faire une étude comparative des différents modes d'utilisation des récepteurs GPS/GNSS au Bénin en général, et, de façon spécifique mettre en exergue les éventuelles erreurs engendrées par chacun d'eux et proposer un manuel de procédure pour une utilisation adéquate de ces récepteurs.

2.4.1 : Quelques notions

2.4.1.1 : GNSS

Le sigle GNSS (Global Navigation Satellite System ou Système global de navigation satellitaire) est le nom générique des systèmes de navigation satellitaires fournissant une couverture globale de géo-positionnement (Duquenne et al. 2005). C'est un système universel de positionnement qui fournit à un nombre illimité d'utilisateurs, à travers le monde, dans un système de référence unique, quelques soient les conditions météorologiques, des informations de positions, de vitesse et de temps. Le thème GNSS sera utilisé ici pour désigner tant le récepteur GPS ou le GPS+GLONASS, que d'autres systèmes tels que GALILEO.

2.4.1.2 : GPS Bi-fréquence

Le GPS (Global Positioning System) est un système de positionnement global. Il a pour principe de déterminer la position d'un point quelconque du globe, en connaissant la position des satellites et la distance entre le récepteur GPS et au moins 3 des satellites, comme le montre la figure n°8

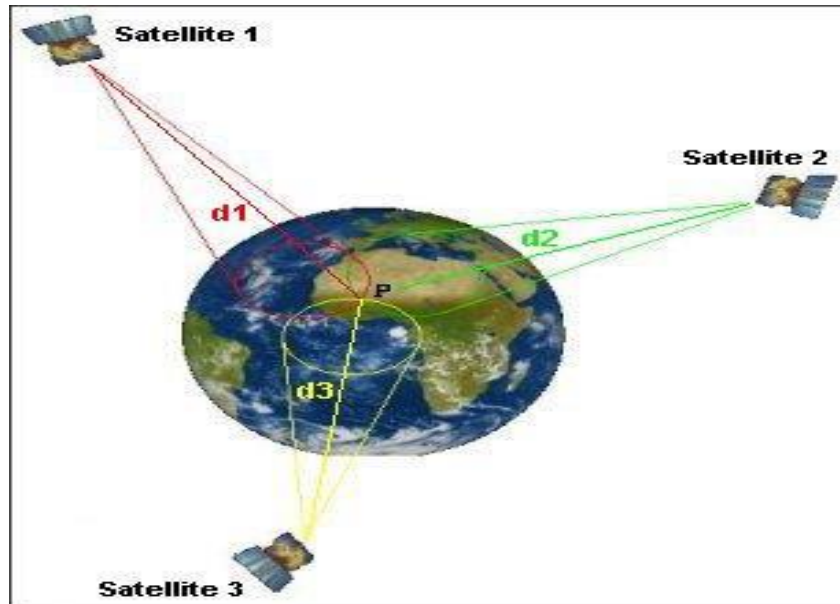


Figure n°6 : Illustration du positionnement par GPS

Source : Wikimédia

Chaque satellite envoie deux signaux radio, dans deux fréquences différentes (les « porteurs » des messages), chaque signal transporte un certain nombre de messages qui interviennent dans la détermination de la position du récepteur.

2.4.2 : Calcul de position

2.4.2.1 : WGS84

WGS84 : World Geodesic System (Système géodésique mondial) - révision de 1984. C'est un système de coordonnées terrestres, basé sur un géoïde de référence prenant la forme d'un ellipsoïde de révolution. C'est un système de coordonnées comprenant un modèle de la terre. Il est défini par un ensemble de paramètres primaires et secondaires :

- Les paramètres primaires définissent la forme de l'ellipsoïde de la terre, sa vitesse angulaire, et sa masse.
- Les paramètres secondaires définissent un modèle détaillé de la pesanteur terrestre. Le WGS84 est régulièrement aligné sur l'ITRF, le cadre de référence terrestre International, afin d'améliorer au mieux l'accord entre la réalisation opérationnelle (WGS) et la réalisation scientifique (ITRF). Il est le système de référence utilisé pour les déterminations planimétriques.

2.4.2.2 : Le positionnement Statique

La méthode du statique permet d'aller au bout de ce qu'il est possible d'obtenir par méthodes GNSS, tant en termes d'exactitude que de précision : cette méthode permet en effet de déterminer les coordonnées très précises voir extrêmement précises de points stationnés de quelques dizaines de minutes voire quelques dizaines d'heures. (Revue XYZ • N° 136 – 4^e trimestre 2012). Le lever est fait à partir de données brutes observées à la fois sur le "mobile" et sur un "pivot" placé au plus proche du centre du chantier. Les ambiguïtés entières sont fixées lors du post traitement.

2.4.2.3 : Le positionnement cinématique temps-réel suivant la méthode "RTK"

Le positionnement cinématique temps-réel suivant la méthode RTK est une méthode de travail qui permet de déterminer en temps réel et plusieurs fois par seconde les coordonnées précises du récepteur mobile utilisé. Les coordonnées obtenues sont exprimées dans la référence nationale avec une classe de précision 3D comprise entre 2 et 5 cm.

Le mobile calcule la ligne de base le séparant d'une station de référence du réseau ou du pivot RTK en recevant des "corrections" lui permettant de limiter au maximum l'influence des erreurs spatialement corrélées.

En mode RTK, la base transmet au mobile sa position ainsi que ses observations afin que ce dernier puisse réaliser un calcul différentiel. Les "corrections" mesurées sur la base sont alors directement appliquées sur le récepteur mobile en partant du principe que les postes GNSS sont suffisamment proches l'un de l'autre (ligne de base de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres).

2.4.3 : Les sources d'erreurs

Les mesures effectuées par les récepteurs GNSS sont affectées par différentes sources d'erreurs qui peuvent être classifiées suivant qu'elles sont liées aux satellites, aux récepteurs, à la propagation du signal dans l'atmosphère terrestre, à l'environnement ou l'opérateur. Ces différentes sources d'erreurs du système de positionnement GNSS ont fait l'objet de plusieurs études qui ont démontré qu'un grand nombre d'entre elles peut être éliminé par un mode opératoire adéquat, et les autres atténuées à partir de

modélisations, leur élimination étant primordiale pour l'obtention d'un résultat de positionnement précis. Les plus importantes de ces sources d'erreurs se présentent comme suit :

✓ **La précision des orbites des satellites GPS**

La précision peut être définie comme la différence entre la position vraie du satellite et la valeur calculée.

Cette différence est généralement exprimée par trois composantes : normale, transversale et radiale. Les informations sur les offsets d'orbite et d'horloge sont contenues dans les éphémérides du satellite.

✓ **La réfraction dans l'ionosphère**

L'ionosphère est la couche supérieure de l'atmosphère qui s'étend entre 50 et 1000 km d'altitude. (CARDIEU, 2015). L'onde porteuse du signal GPS en traversant cette couche chargée des particules (ions) subit des perturbations de vitesse de propagation, créant ainsi un retard ionosphérique.

Ce retard ionosphérique devra être pris en compte pour espérer atteindre une bonne précision sur le positionnement par satellite. A cet effet l'utilisation des deux fréquences L1 et L2 permet d'atténuer les distorsions sur les mesures.

L'indice de réfraction ionosphérique pouvant être modélisé, plusieurs types de modèle sont proposés dans les divers logiciels de post traitement.

✓ **La réfraction dans la troposphère.**

La troposphère est la couche de base de l'atmosphère située à une dizaine de kilomètres d'altitude. L'onde GPS est aussi affectée par la teneur en eau de cette couche. C'est un milieu électriquement neutre et non dispersif. La modélisation du délai troposphérique distingue selon CARDIEU, deux composantes : une composante sèche et une composante humide.

La composante sèche qui représente environ 90% du retard troposphérique provoque un allongement de la distance observée due à la réfraction du signal (généralement aux alentours de 2 mètres).

La partie humide est difficile à modéliser. Par conséquent, il existe de nombreux modèles troposphériques (VMF1, GPT, GMF...)

✓ **Les multi-trajets.**

Tout objet réfléchissant placé dans le voisinage de l'antenne des récepteurs GPS, renvoie une partie du signal provenant des satellites sur cette antenne. Il se crée donc une position virtuelle du GPS qui sera observée dans ces conditions.

La propagation par trajets multiples est l'une des principales sources d'erreurs dans le positionnement précis. La seule solution consiste à essayer d'éviter les multi-trajets autant que faire se peut, en faisant les mesures dans un environnement dégagé et de ne pas utiliser les satellites à faible élévation plus sensibles aux trajets multiples.

✓ **L'opérateur.**

La technologie GPS/GNSS est basée sur des notions mathématiques. L'utilisation efficiente de ces types d'appareils requiert un minimum de connaissance de bases.

L'absence de ce pré-requis ne permet toujours pas d'avoir des mesures GPS exempts d'erreur. Au-delà de la bonne attitude pour une meilleure collecte des données, se pose le problème crucial de la maîtrise des différents logiciels de traitement des données collectées.

2.5 : Cadres de référence

2.5.1 : Cadres de référence planimétrique

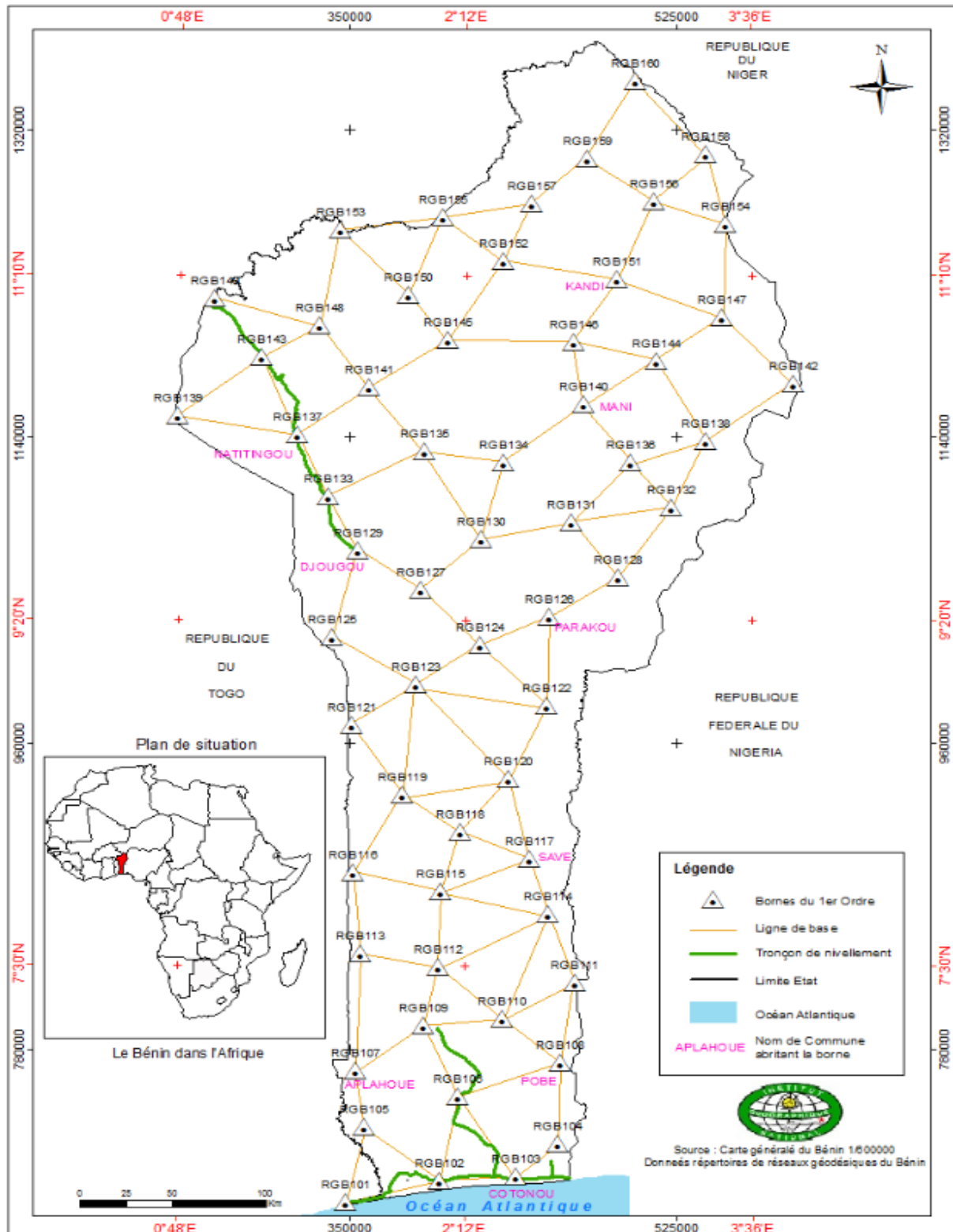
Pour bien orienter les travaux dans le cadre du présent mémoire, nous nous proposons le cadre de référence planimétrique.

2.5.1.1 : Cadres de référence planimétrique

Le cadre de référence planimétrique est le Réseau Géodésique National du Bénin (RGB). Il est constitué des Bornes géodésiques du premier et du second ordre et des stations permanentes.

✓ Le réseau du premier ordre

Le RGB est constitué de soixante (60) bornes géodésiques de premier ordre distantes en moyenne de 40km l'une de l'autre (distance comprise entre 40km et 70km) et couvrant de façon homogène l'ensemble du territoire national. Il est repéré dans le Système Géodésique Mondial WGS 84 associé à la projection UTM 31 et rattaché au système de Référence Terrestre International (ITRF) qui constitue le système géodésique le plus précis à l'échelle mondiale. (DEGBEGNON, 2006).



✓ Le réseau du second ordre

Ce réseau du premier Ordre est renforcé par Cinq cent vingt-trois (523) bornes du 2^{ème} ordre distantes de 15km environ l'une de l'autre, essentiellement réparties sur le sud et

le centre du Benin. Actuellement, deux cent vingt (220) autres bornes sont en cours de construction dans vingt-deux (22) communes du Bénin pour la consolidation et l'amélioration de la couverture de ce réseau de second ordre

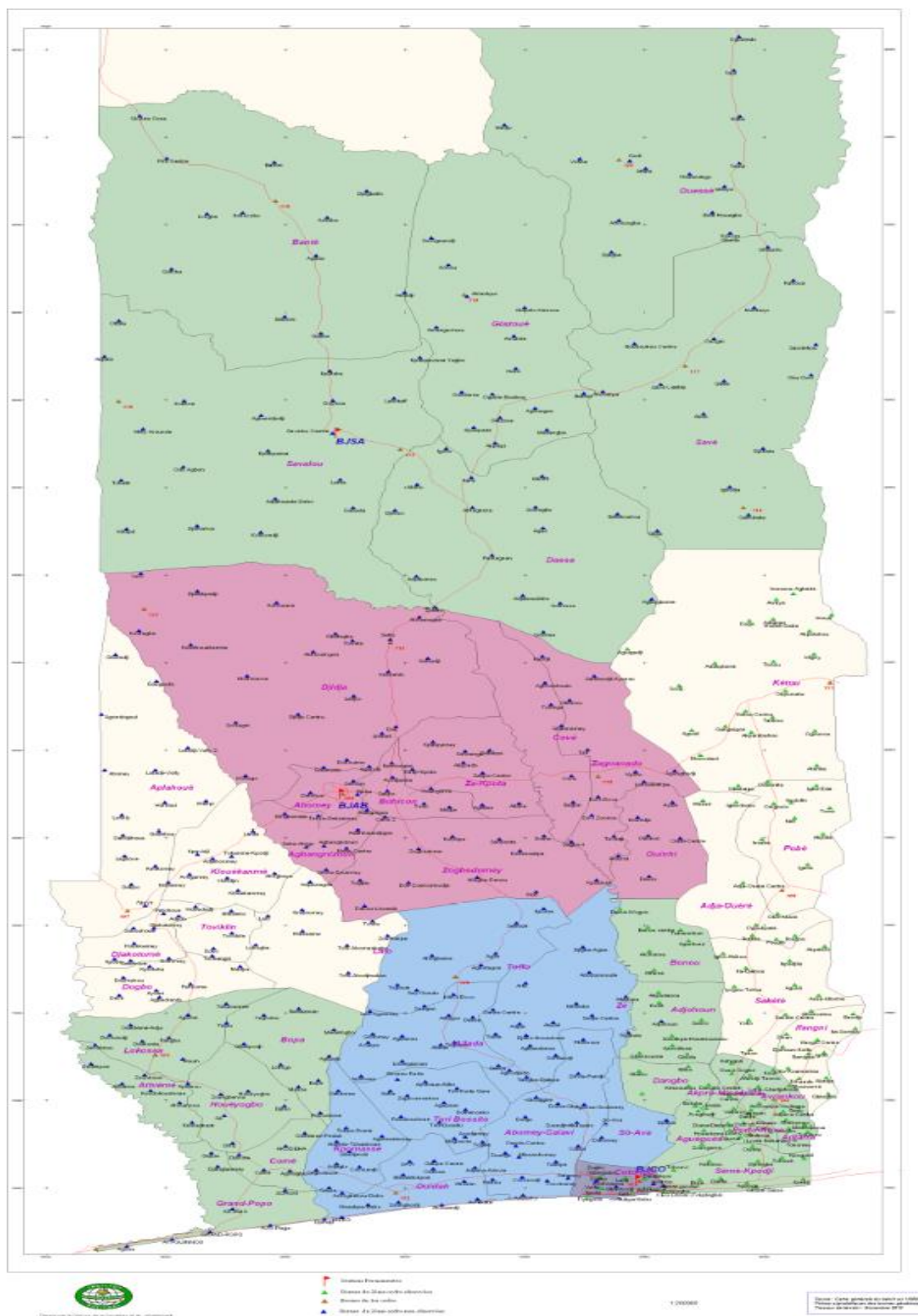


Figure N°8 : Carte des réseaux géodésiques du Bénin

Source : IGN-Bénin



Photos N°1 & 2 : Vue montrant deux bornes géodésiques dont celle à gauche du 1^{er} ordre et celle à droite de 2eme Ordre

Source : IGN-Bénin, Juillet 2015

2.5.1.3 : Le Réseau des Stations Permanentes du Bénin (RSPB)

Le Bénin, grâce au programme « accès au foncier » du MCA, a bénéficié en 2009 d'un réseau de sept (07) stations permanentes réparties sur l'ensemble du territoire national. Ce réseau de stations GNSS enregistre en continu les informations envoyées par une constellation de différents satellites tant GPS que GLONASS.

Les données enregistrées au niveau des stations permanentes sont transmises vers le centre de calcul installé à la Direction Générale de l'IGN (à Akpakpa) via la connexion internet. Ces données sont disponibles et téléchargeables gratuitement pour le moment sur le site web de l'Institut à l'adresse www.ign.bj après simple inscription.,

Depuis 2009, le cadre de référence planimétrique de tous travaux géodésiques en général et topographiques en particulier est le Réseau des sept (07) Stations Permanentes du Bénin (RSPB) installées dans sept (07) villes du territoire national à

savoir Cotonou, Abomey, Savalou, Natitingou, Nikki, Kandi, Parakou. (Arrêté 0068/MUHRFLEC/DC/SGM/IGN/ DGURF/SA du 28 Décembre 2009). Ces stations permanentes ont été calculées en utilisant 69 jours de données et leurs coordonnées sont fournies en ITRF 2000 l'époque 1997.0 et intégrées au réseau géodésique CORS/GNSS depuis 2009. La latitude, la longitude et la hauteur de l'ellipsoïde sont calculées en utilisant l'ellipsoïde GRS 80 avec les caractéristiques suivantes :

- ellipsoïde de référence : GRS80 ;
- demi grand axe = 6 378 137 mètres ;
- aplatissement = $1 / 298.257222101$;
- méridien central : $03^{\circ}00'00.00000''$ E ;
- facteur d'échelle du méridien central : 0.9996 ;
- abscisse arbitraire : 500 000 m ;
- ordonnées arbitraire : 0 m.

L'écart type sur les coordonnées des stations permanentes du Bénin est de l'ordre de 2 cm (Rapport MCA Bénin 2011). Les données produites par ces stations sont aussi disponibles sur le serveur de la NOAA en formats RINEX et T01 ; et téléchargeables à l'adresse : <ftp://geogesy.noaa.gov/cors>.

La **figure n°9** présente la répartition spatiale des sept (07) stations permanentes du réseau CORS-GNSS du Bénin.

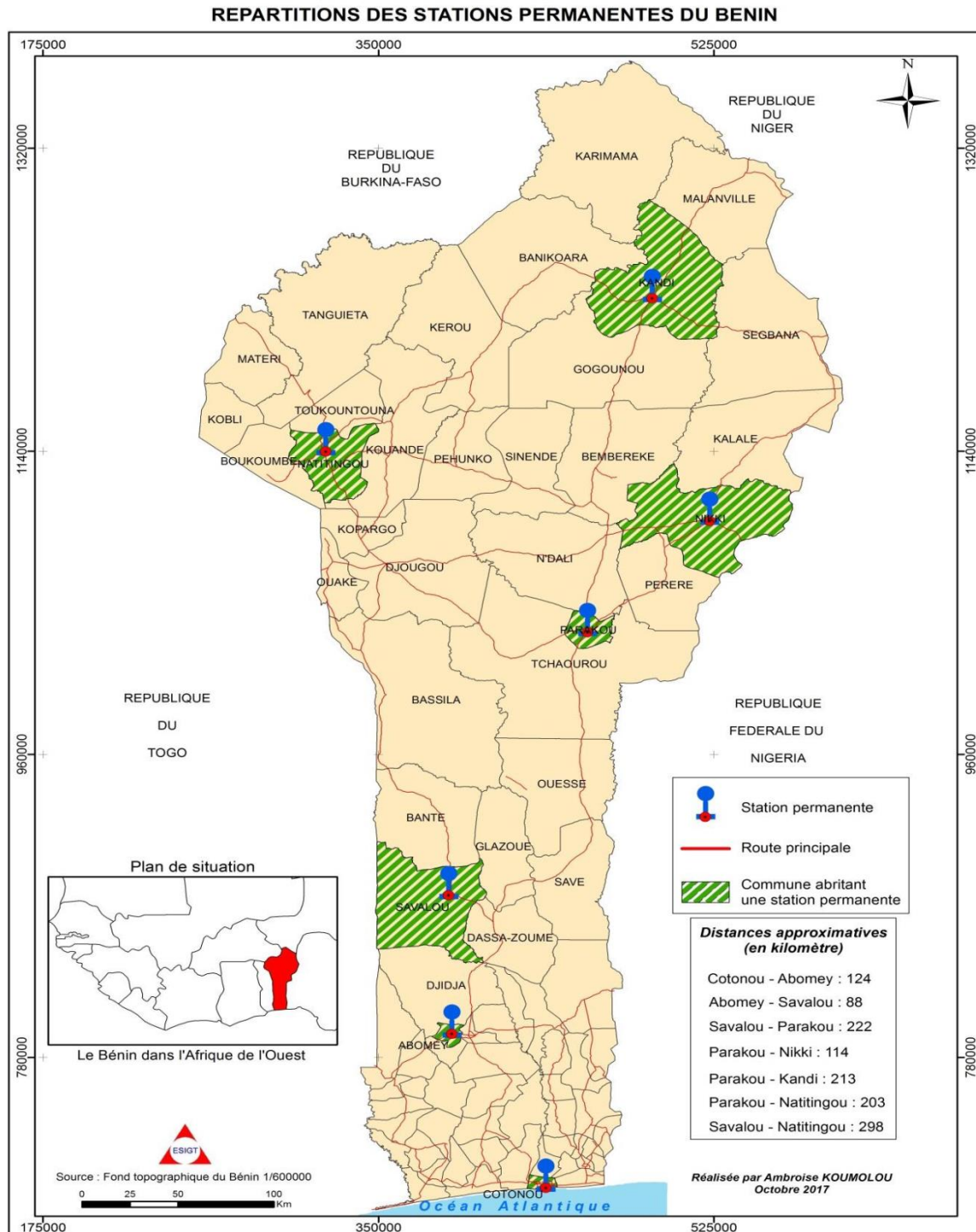


Figure n°9 : Sept stations permanentes du réseau CORS-GNSS du Bénin.

Source : Ing. KOUMOLOU Ambroise, Octobre 2017



CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES

3.1 : Matériels

Le matériel technique est constitué essentiellement des récepteurs GPS/GNSS bi-fréquences (E600 GNSS Receiver survey, T30 GNSS SURVEYING SYSTEM, T300 GNSS Survey) et de leurs accessoires. Les spécifications desdits matériels se présentent ainsi qu'il suit :

3.1.1 : Appareil T30 Sino GNSS

➤ Description

Les récepteurs GPS reçoivent des signaux des satellites et déterminent l'emplacement. Selon l'appareil, celui-ci peut cerner votre emplacement jusque dans les trois dimensions : latitude, longitude et altitude. Permet d'accéder à un certain site sans itinéraire prédéterminé.

Plus précis et plus rapide que la boussole

Donne la position même lorsque nous n'avons pas de références visuelles.

Inclus de nombreuses applications très utiles.

➤ Caractéristiques

Positionnement code GPS différentiel Horizontal Ecart-type 0,25 m + 1 ppm EMQ

Vertical 0,50 m + 1 ppm EMQ

Précision de positionnement différentiel SBAS généralement <5 m 3DEMQ



Photos N° 3 & 4 : Vue montrant l'installation de la base et l'antenne (radio) de T30 Sino GNSS.

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Novembre 2021

3.1.2 : Appareil E600 GNSS Survey

➤ Description

L'appareil E600 GNSS Survey met en place une énorme capacité de résistance support à trois pieds utilisés pour soutenir les appareils au-dessus du point stationné. Il offre une rapidité de déploiement, une stabilité, une bonne hauteur et une fluidité indispensable au confort de l'observation.

Plus économiques que les modèles en bois, plus légers aussi et plus résistants, ils sont recommandés pour les applications de nivellement. Le trépied n'est pas le plus léger ni le plus compact existant.

Sur le terrain, des effets supplémentaires, tels que la température, l'humidité, le type de sol, le vent, affectent la stabilité.

➤ Caractéristiques

- Matériau : Aluminium
- Traitement de surfaces : Sans Vis de jambe
- Pays d'origine : Chine

- Poids : 4,5 kg
- Hauteur maximale : 167 cm
- Classification ISO : Léger [30]



Photos N°5 & 6 : Vue montrant base fixe ainsi que l'antenne

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Janvier 2022



Photo N°7 : Vue de la base E600

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Janvier 2022

3.1.3 : Appareil T300 Sino GNSS

➤ Description

Le récepteur GNSS Sino GNSS T300 est un récepteur GNSS RTK compact qui permet de suivre toutes les constellations de travail. Il combine 4G/TX & RX en un seul appareil et fonctionne couramment avec le logiciel Survey Master basé sur Android, pour des levés de précision centimétrique à la demande.

➤ Caractéristiques

- 1- Service clientèle en ligne
- 2- GPS L1/L2/L5, BeiDou B1/B2/B3, GLONASS L1/L2, Galileo E1/E5a/E5b
- 3- Conception compacte
- 4- Batterie d'échange à chaud
- 5- Interface conviviale
- 6- 4G/UHF intégré

➤ Suivi de l'ensemble de la constellation

Le T300 suit toutes les constellations GNSS en fonctionnement et prévues, y compris le GPS, le GLONASS, BeiDou, Galileo et SBAS.

Construit en 4G/TX & RX

Le modem GPRS/ GSM/ 4G intégré permet au T300 de fonctionner de manière transparente avec tous les types de CORS, et l'UHF interne de 0 à 2 watts vous permet de travailler plus facilement et plus efficacement sur le terrain.

➤ Flux de travail intuitif

Le T300 est capable de fournir un flux de travail d'enquête plus facile via Survey Master, améliorant ainsi la productivité des géomètres débutants et professionnels.



Photo N°8 : Vue montrant le Rover T300

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Février 2022



Photo N°9 : Vue montrant l'installation de la base

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Février 2022

3.2 : Présentation des instruments secondaires et des logiciels

3.2.1 : Instruments

Les instruments accessoires voire secondaires servent à compléter et faciliter les observations dans la prise des données topographiques. Ses instruments se résument dans le tableau ci-dessous :

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

MATERIELS	DESCRIPTION	CARACTERISTIQUES	AVANTAGES	DESAVANTAGES
COMPOSANTES MATERIELS				
Talkie-walkie	Émetteur-récepteur radio mobile servant aux liaisons radiotéléphoniques tout en se déplaçant.	<ul style="list-style-type: none"> – 8 canaux, – 4 touches interactives permettant d'accéder aux fonctions principales. – Résistant aux chocs et aux éclaboussures. – Torche LED intégrée. <p>Portée : jusqu'à 10 km. Dimension : 170x55x35 mm Poids : 170 g. Autonomie : environ 14h. Puissance : 500 mW.</p>	Facilite la communication à partir d'une certaine distance	Interférences
Ruban en Acier	Outils de mesurage de distance	<ul style="list-style-type: none"> - Longueur : 50m - Largeur du ruban : 13mm - Classe : 2 - Matière : Acier - Manivelle : système de blocage - Dimensions : 26 x 23 x 3 cm 	Indispensable lors de la mesure directe de distance.	

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

MATERIELS	DESCRIPTION	CARACTERISTIQUES	AVANTAGES	DESAVANTAGES
Marteau	Masse métallique	Type : Masse Matériel : Acier Tige Matériel : Bois Dimensions de la tête : 55mm Poids : 2,5 kg	Facilité d'enfoncement des piquets au sol	Parfois encombrant
Pot de peinture rouge		Couleur : rouge Poids : 1kg	Utiliser pour réaliser des marquages servant de repères	Salissant
Piquets métalliques	Barre de fer de 30 à 40 cm	Barre de 10	marques visibles durable dans le temps.	Attaquable par a rouille

3.2.2 : Programmes et logiciels

Les différents logiciels utilisés pour la collecte et le traitement des données se composent ainsi qu'il suit :

- ActiveSync pour synchroniser les données entre les instruments de terrain et notre ordinateur à l'aide de l'une des deux méthodes suivantes : connexion directe via le volet Instrument ou utilisation d'Office Synchronizer via le dossier Copie de bureau ;
- AUTOCAD 2016 associée à COVADIS 9.1 pour le dessin et la conception assistés par ordinateur (DAO/CAO) ;
- Léica Géoffice pour le traitement des données des récepteurs GPS léica
- Microsoft Office Excel et Word 2010 pour les tableurs et traitements de texte résultats obtenus, élaborer les différentes fiches de collecte de données.
- Logiciel ArcGIS pour la production des cartes.

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Ordinateur				
HP Pavillon	Cet ordinateur est un outil adéquat aux traitements des données importantes et à la modélisation tri-dimensionnelle.	Écran Full HD 1920 x 1080 120Hz Écran 15" Intel(R) Core (TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.71 GHz SSD 117Go Edition Windows 10 Professional 64 bits Version 21H2 RAM 8,00 Go Carte Graphic NVIDIA GeForce RTX 950M, 2Go de mémoire vidéo dédiée Direct X 12	Le traitement et l'analyse des données importantes sont faciles avec cet ordinateur grâce à sa mémoire graphique et ses processeurs	L'utilisation en performance optimal sur une longue durée rend l'ordinateur très chaud.
Composantes logiciels				

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Excel	<p>Microsoft Excel est un logiciel tableur de la suite bureautique Microsoft Office développé et distribué par l'éditeur Microsoft. Il se présente sous forme de tableaux structurés en lignes et colonnes dans des onglets séparés avec, pour chaque cellule qui compose chaque feuille, des caractéristiques particulières pour les calculs</p>	<p>Excel intègre des fonctions de calcul numérique, de représentation graphique, d'analyse de données (notamment de tableau croisé dynamique) et de programmation.</p> <p>Limites de 1 048 576 lignes à la verticale et de 16 384 colonnes à l'horizontal, soit 17 179 869 184 cellules.</p> <p>Colonnes numérotées de A à XFD par défaut, mais il est possible de forcer la numérotation des colonnes de manière chiffré</p>	<p>Remplissage instantané qui facilite les tâches répétitives de l'utilisateur ;</p> <p>Analyse rapide, qui permet de convertir des données en graphique ou tableau ;</p> <p>Possibilité d'enregistrer un classeur directement dans le cloud, afin de le partager</p> <p>Application Excel disponible via Office mobile, ce qui permet de préprogrammer un carnet de nivellements numérique.</p>	
Mémoire de fin de cycle rédigé par ADJIBOYE Kayodé Sylvestre pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de Conception Géomètre-Topographe				Page 40

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Autocad / Covadis	COVADIS est un applicatif d'AutoCAD. En matière de DAO, l'opérateur dispose donc, dans l'environnement AutoCAD, des fonctionnalités de dessin orienté objet de COVADIS.	Logiciel de dessin, conception, calcul et équilibrage de projets d'infrastructure et de VRD. Permet la modélisation et le rendu perspectif 3D du terrain, la création de terrassements multi plates-formes, projets linéaires, giratoires et épures de giration et de carrefours en T ou en X. Création et dimensionnement des réseaux d'assainissement. Modifications interactives du projet et mise à jour automatique des quantitatifs, métrés et bordereaux.	Le dessin AutoCAD correspondant au semi de points levés est automatiquement créé à partir d'une GéoBase calculés ou par lecture directe d'un "chier ASCII de coordonnées.[33]	
----------------------	---	--	---	--

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

QGIS	<p>QGIS est un logiciel SIG (système d'information géographique) libre multiplate-forme publié sous licence GPL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Version de QGIS : 3.14.1-Pi • Gère l'extension spatiale de PostgreSQL, PostGIS. Prend en charge un grand nombre de formats de données vectorielles (Shapefile, les couvertures ArcInfo, Mapinfo, GRASS GIS, etc.). <p>Dispose par défaut de nombreux modules, dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un module de lecture/écriture de données GNSS, basé sur le programme GPSBabel ; un module de géoréférencement, qui permet de « caler » une image (vue aérienne, typiquement) dans un référentiel terrestre. • L'une des grandes forces de QGIS est de pouvoir utiliser des centaines de systèmes de projection géographiques à la volée tels que WGS84, Lambert 93 ou ED50 	<p>Ce logiciel permet d'établissement du modèle numérique d'élévation pour une vue plus appréciable de l'état du relief.</p> <p>QGIS fait partie des projets de la Fondation Open Source Geospatial.</p>	
------	---	---	--	--

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Google Earth Pro	Google Earth est un logiciel développé par la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires.	Google Earth Pro : 7.3.4.8642 (64-bit) Date de la version : jeudi 12 mai 2022 22 :55 :31 UTC Moteur de rendu : OpenGL Serveur : kh.google.com Composants Open Source : multiples	Permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix.[36] Peut être utilisé pour la localisation Peut être utilisé pour visualiser des images satellite à très haute résolution, Télécharger des données géospatiales dans son format de fichier natif interopérable (KML).[37] Disponible en version mobile	Résolution de l'image dépend avant tout de l'endroit géographique[36] Meilleurs fonctionnalités Google Earth disponible en versions payantes.
------------------	--	--	--	--

3.3 : Méthodes

Pour notre expérimentation, nous nous sommes mis dans les conditions de faire des relevés en mode cinématique RTK et en mode statique, les détails à relever étant les points que nous avons mis en place dans le cadre de ce Projet de fin d'études. Nous avons choisi comme points de rattachement, deux (02) bornes géodésiques de 2^{ème} Ordre toutes situées dans la commune d'Abomey-Calavi, devant servir de base RTK de façon à couvrir l'ensemble de nos points mis en place. Ces points ont été observés en mode cinématique avec les trois récepteurs retenus pour cette étude. En ce qui concerne chaque type de récepteurs GNSS, nous avons effectué cinq (05) secondes sur un point pour le relever. Pour cela, nous avons effectué trois essais comme suit : le premier essai entre sept (07) heures à dix (10) heures ; le deuxième essai entre midi soit douze (12) heures à quinze (15) heures et le troisième et dernier essai entre seize (16) heures à dix-neuf (19) heures. Tout ceci pour les trois (03) appareils utilisés. En mode statique, onze (11) points ont été identifiés et choisis pour être relevés à chaque une heure de temps minimum pendant sept (07) jours dans le but d'avoir une plus grande précision.

3.3.1 : Démarche méthodologique

La démarche méthodologique adoptée consiste à :

- Une recherche documentaire sur la technologie du GPS/GNSS ;
- Une enquête auprès des cabinets de géomètre-experts et autres utilisateurs des récepteurs GPS/GNSS au Bénin ;
- Mettre en place des piquets scellés sur le site d'observation technique ;
- Des séries d'observations effectuées par les récepteurs GPS/GNSS en mode cinématique et en mode statique sur les piquets scellés ;
- Un traitement des données issues des observations ;
- Une présentation des résultats ;
- Une analyse des résultats en relation avec les exigences des normes applicables aux travaux de topographies et cartographies en République du Bénin.

3.3.1.1 : Recherche documentaire

Elle a consisté à recenser et à consulter les livres, mémoires, revues, thèses et articles ayant rapport avec le sujet afin de mieux cerner les contours du sujet. La recherche documentaire sera une activité transversale tout au long de la recherche. Elle s'est déroulée essentiellement dans les centres de documentation tels que la bibliothèque centrale de l'UAC et dans les cabinets des géomètres. Les centres visités, la nature des documents consultés ainsi que les types d'informations recueillis sont consignées dans le tableau ci-après.

Tableau n°1 : Centres de documentation visité

Centres	Natures	Types d'information
Bibliothèque Centrale de l'UAC	Livres, articles, thèses et mémoires	Information générale sur GNSS
Les cabinets des géomètres	Mémoires	Informations relatives sur L'homogénéité de GNSS
Internet	Rapports, articles, thèse	Information générale et spécifique sur les contours du sujet

Sources : Recherche documentaire 2021

3.3.1.2 : Méthode utilisée pour atteindre l'objectif spécifique 1

Conformément aux objectifs fixés dès le début de cette recherche, et d'un point de vue pratique, il s'avère indispensable pour tout utilisateur d'outil du récepteur GPS en général et, plus particulièrement les techniciens géomètres de maîtriser les règles de base relatives à la planification, la collecte et aux traitements des données. Ainsi, il serait souhaitable pour les responsables des cabinets et toutes autres structures travaillant avec les récepteurs GPS/GNSS de s'approprier la connaissance théorique approfondie en vue d'un meilleur suivi et d'une gestion efficace des projets. Le mode cinématique en temps réel s'est révélé un moyen fiable et efficace pour déterminer des vecteurs précis. Il n'en demeure pas moins que cette méthode est limitée à des vecteurs d'environ 10 à 20 km à cause des erreurs qui augmentent en fonction de la distance,

réduisant ainsi la capacité de résolution d'ambiguïtés de phase (initialisation) et la précision de la solution.

La méthode d'observations utilisées est relative au mode cinématique

- Il est question des différentes opérations effectuées sur le terrain avec comme méthode, l'association des techniques spatiales (en particulier du système GPS). Mais avant toute opération de relever sur le terrain, il nous faut mettre en place des piquets scellés qui nous serviraient de base pour les observations à faire.

Dans un environnement aussi mouvementé que très fréquenté comme l'espace universitaire d'Abomey-Calavi, les piquets sont placés et choisis de façon à assurer leur inter visibilité, leur sécurité et leur stabilité durant la période d'observation. La stabilité de chaque piquet construit a été donc un élément important aux observations car pour une comparaison en termes de précision des différents outils de mesures, il est indispensable que les éléments observés soient identiques avec une numérotation correcte. Ils sont construits à un emplacement suffisamment dégagé afin d'éviter les effets de multi-trajets qui pourront dégrader la précision des observations du récepteur GPS/GNSS.

Mettre en place les points de calage avec le récepteur GNSS à partir des points géodésiques,

Relever les mêmes points avec le récepteur GPS/GNSS à différents moments de la journée.

Les données obtenues à l'issue de la collecte, sont les suivantes :

- Les distances entre les points obtenues avec le ruban (chaîne) rattachées aux bornes de la polygonation,
- Les coordonnées du récepteur GNSS obtenues après calage sur des bornes géodésiques,
- Les coordonnées obtenues à partir du récepteur GNSS rattachées aux bornes géodésiques.

3.3.1.3 : Méthode utilisée pour atteindre l'objectif spécifique 2

Signalons que c'est la même collecte des données utilisée précédemment dans l'objectif spécifique n°1 que nous avons utilisé pour l'objectif spécifique n°2, mais à la seule différence que les résultats obtenus diffèrent de ceux de l'objectif spécifique 1.

3.3.1.4 : Méthode utilisée pour atteindre l'objectif spécifique 3

Pour ne plus répéter les mêmes choses c'est-à-dire la collecte des données de l'objectif spécifique 1, il est à noter que la méthode utilisée pour atteindre l'objectif spécifique n°3 est la même que celle de l'objectif spécifique n°2.

CHAPITRE IV : RESULTATS

CHAPITRE 4 : RESULTATS

Ce chapitre est consacré aux résultats obtenus. Il s'agit notamment des observations planimétriques, des observations GPS/GNSS en mode cinématique et en mode statique des points densifiés de la zone d'étude à partir des points observés au GPS/GNSS.

❖ Résultats obtenus pour l'objectif spécifique 1

Les données recueillies nous ont permis d'avoir les écarts de variations par type de récepteur :

- * Récapitulatifs des écarts de la variation en abscisses et en ordonnées des essais obtenus par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'appareil T30 Sino GNSS,

- * Récapitulatifs des écarts de la variation en abscisses et en ordonnées essais obtenus par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'appareil T300 Sino GNSS,

- * Récapitulatifs des écarts de la variation en abscisses et en ordonnées des essais obtenus par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour l'appareil E600 GNSS Survey.

❖ Résultats obtenus pour l'objectif spécifique 2

Les données recueillies sont relatives à l'objectif spécifique 1 mais liées à l'environnement

❖ Résultats obtenus pour l'objectif spécifique 3

Les données recueillies nous ont permis d'avoir les coordonnées planimétriques suivantes :

- * Récapitulatifs des coordonnées obtenues à partir des observations au récepteur GNSS dans la tranche d'heure de 7h à 10h30,

* Récapitulatifs des coordonnées obtenues à partir des observations au récepteur GNSS dans la tranche d'heure de 12h à 15h,

* Récapitulatifs des coordonnées obtenues à partir des observations au récepteur GNSS dans la tranche d'heure de 16h à 19h.

4.1 : Présentation des données issues des différents appareils

4.1.1 : Les tableaux relatifs aux résultats obtenus pour l'objectif spécifique 3

PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS

Tableau n°2 : Tranche d'heure 07h_11h

PRECISION DES OBSERVATIONS GNSS DANS LE TEMPS : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS Présenté par: ADJIBOYE K, Sylvestre Contrôlé par: Yêzidou TOUKOUROU UAC_EPAC_CAP Tranche d'heure 07h_11h 04/10/2022 Lieu: Ab-Calavi/UAC BUREAU D'EXECUTION DES TRAVAUX: BECTAFEG										
APPAREIL 2				APPAREIL 3			APPAREIL 1			
P T	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	P T
G2-1	426822,516	708754,844	12,536	426822,508	708754,866	12,621	426822,516	708754,865	10,466	G2-1
G2-2	426764,905	708798,089	8,952	426764,797	708798,150	12,177	426764,712	708797,996	9,373	G2-2
G2-3	426753,971	708854,689	10,303	426753,972	708854,700	10,403	426753,989	708854,722	8,225	G2-3
G2-4	426774,150	708965,340	9,635	426774,170	708965,386	9,726	426774,150	708965,353	7,598	G2-4
G2-5	426777,046	709059,496	9,581	426777,033	709059,596	9,824	426777,036	709059,497	7,677	G2-5
G2-6	426913,163	709026,373	9,116	426913,153	709026,475	11,241	426913,154	709026,468	9,076	G2-6
G2-7	426923,134	709318,347	10,398	426923,124	709318,456	12,494	426923,112	709318,455	10,395	G2-7
G2-8"	426853,675	709315,348	9,856	426853,673	709315,451	11,930	426853,674	709315,458	9,811	G2-8"
G2-8	426884,786	709394,331	10,422	426884,780	709394,451	12,516	426884,774	709394,448	10,380	G2-8
G2-9	427021,450	709398,059	11,235	427021,458	709398,127	13,333	427021,454	709398,050	11,252	G2-9
G2-10	427185,951	709388,518	11,454	427185,947	709388,605	13,583	427185,944	709388,615	11,420	G2-10
G2-11	427208,312	709337,580	12,176	427208,340	709337,668	14,314	427208,314	709337,670	12,138	G2-11
G2-12	427361,667	709384,684	12,175	427361,675	709384,836	14,231	427361,637	709384,761	12,155	G2-12
G2-13	427368,599	709385,857	11,781	427369,678	709385,169	13,931	427368,588	709385,928	11,760	G2-13
G2-14	427442,298	709336,991	10,947	427442,295	709337,099	13,081	427442,282	709337,096	10,968	G2-14
G2-15	427464,400	709301,688	10,077	427464,394	709301,788	12,213	427464,413	709301,779	10,061	G2-15
G2-16	427535,549	709333,315	6,913	427535,531	709333,419	8,986	427535,147	709335,359	7,344	G2-16
G2-17	427557,818	709397,287	6,290	427557,779	709397,376	8,348	427557,804	709397,367	6,279	G2-17
G2-18	427633,349	709390,833	3,284	427633,317	709390,946	5,372	427633,349	709390,935	3,335	G2-18
G2-19	427588,937	709172,556	3,424	427588,898	709172,659	5,547	427588,917	709172,649	3,388	G2-19
G2-20	427586,273	709127,012	3,401	427586,259	709127,110	5,530	427586,254	709127,107	3,384	G2-20
G2-21	427532,051	709097,394	4,038	427532,025	709097,493	6,133	427532,031	709097,498	3,997	G2-21
G2-22	427489,506	709014,894	6,129	427489,508	709015,009	8,240	427489,514	709014,984	6,129	G2-22

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre

PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS

Tableau n°3 : Tranche d'heure 12h_15h

PRECISION DES OBSERVATIONS GNSS DANS LE TEMPS : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS Présenté par : ADJIBOYE K, Sylvestre Contrôlé par : Yèzidou TOUKOUROU UAC_EPAC_CAP Tranche d'heure 12h_15h 04/10/2022 Lieu: Ab-Calavi/UAC BUREAU D'EXECUTION DES TRAVAUX: BECTAFEG										
APPAREIL 2				APPAREIL 3			APPAREIL 1			
P_T	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	P_T
G2-1	426822,536	708754,799	10,471	426822,511	708754,85	12,509	426822,5	708754,888	10,518	G2-1
G2-2	426764,863	708797,851	9,708	426764,575	708797,92	11,659	426764,698	708798,023	9,374	G2-2
G2-3	426754,013	708854,625	8,283	426753,975	708854,68	10,331	426753,962	708854,695	8,257	G2-3
G2-4	426774,194	708965,283	7,589	426774,151	708965,31	9,637	426774,682	708967,1	8,163	G2-4
G2-5	426777,051	709059,54	7,692	426777,026	709059,54	9,732	426777,083	709059,495	7,700	G2-5
G2-6	426913,176	709026,383	9,147	426913,157	709026,45	11,204	426913,148	709026,459	9,162	G2-6
G2-7	426923,16	709318,386	10,401	426923,106	709318,43	12,449	426925,283	709317,75	11,946	G2-7
G2-8'	426853,68	709315,364	9,830	426853,659	709315,42	11,885	426855,905	709314,854	11,646	G2-8'
G2-8	426884,796	709394,342	10,389	426884,784	709394,42	12,462	426884,728	709394,403	10,439	G2-8
G2-9	427021,472	709398,089	11,240	427021,44	709398,14	13,268	427021,423	709398,077	11,248	G2-9
G2-10	427185,965	709388,526	11,442	427185,942	709388,6	13,534	427185,864	709388,555	11,482	G2-10
G2-11	427208,342	709337,61	12,173	427208,333	709337,65	14,243	427208,303	709337,672	12,186	G2-11
G2-12	427361,666	709384,692	12,168	427361,639	709384,75	14,147	427361,636	709384,724	12,165	G2-12
G2-13	427368,452	709385,852	11,356	427369,662	709385,1	13,981	427368,571	709385,952	11,837	G2-13
G2-14	427442,301	709337,021	10,968	427442,286	709337,07	12,981	427442,272	709337,114	11,001	G2-14
G2-15	427464,411	709301,71	10,064	427464,387	709301,74	12,103	427464,382	709301,778	10,095	G2-15
G2-16	427535,548	709333,354	6,887	427535,542	709333,39	8,918	427535,152	709335,36	7,414	G2-16
G2-17	427557,825	709397,317	6,285	427557,794	709397,34	8,294	427557,793	709397,348	6,294	G2-17
G2-18	427633,348	709390,852	3,295	427633,372	709390,94	5,289	427633,331	709390,909	3,321	G2-18
G2-19	427588,932	709172,584	3,425	427588,904	709172,62	5,467	427588,902	709172,657	3,438	G2-19
G2-20	427586,281	709127,019	3,395	427586,255	709127,06	5,440	427586,251	709127,095	3,420	G2-20
G2-21	427532,06	709097,409	4,032	427532,046	709097,46	6,077	427532,038	709097,497	4,057	G2-21
G2-22	427489,5	709014,915	6,143	427489,49	709014,95	8,173	427489,475	709014,984	6,118	G2-22

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre

PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS

Tableau n°4 : Tranche d'heure 16h_19h

PRECISION DES OBSERVATIONS GNSS DANS LE TEMPS :										
CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS										
Présenté par: ADJIBOYE K, Sylvestre				Contrôlé par: Yêzidou TOUKOUROU				UAC_EPAC_CAP		
Tranche d'heure 16h_19h				04/10/2022						
Lieu: Ab-Calavi/UAC				BUREAU D'EXECUTION DES TRAVAUX:				BECTAFEG		
APPAREIL 2				APPAREIL 3			APPAREIL 1			
P_T	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	P_T
G2-1	426822,516	708754,779	10,448	426822,526	708754,838	12,501	426822,489	708754,880	10,536	G2-1
G2-2	426764,747	708797,981	9,483	426764,692	708798,016	11,645	426764,738	708798,032	9,553	G2-2
G2-3	426753,982	708854,602	8,233	426753,986	708854,676	10,272	426753,950	708854,712	8,270	G2-3
G2-4	426774,164	708965,276	7,583	426774,187	708965,338	9,606	426774,150	708965,355	7,614	G2-4
G2-5	426777,062	709059,51	7,671	426777,051	709059,558	9,704	426777,045	709059,479	7,732	G2-5
G2-6	426913,173	709026,368	9,097	426913,183	709026,444	11,158	426913,166	709026,455	9,177	G2-6
G2-7	426923,154	709318,363	10,390	426923,131	709318,426	12,405	426923,132	709318,465	10,478	G2-7
G2-8'	426853,702	709315,358	9,846	426853,668	709315,429	11,843	426853,656	709315,457	9,947	G2-8'
G2-8	426884,79	709394,351	10,433	426885,085	709394,790	13,472	426884,770	709394,422	10,463	G2-8
G2-9	427021,461	709398,068	11,224	427021,463	709398,103	13,190	427021,483	709398,043	11,275	G2-9
G2-10	427185,938	709388,518	11,445	427185,950	709388,590	13,503	427185,955	709388,613	11,466	G2-10
G2-11	427208,326	709337,59	12,177	427208,339	709337,639	14,174	427208,307	709337,681	12,197	G2-11
G2-12	427361,667	709384,719	12,155	427372,893	709358,485	12,155	427361,636	709384,690	12,178	G2-12
G2-13	427368,633	709385,892	11,806	427378,675	709364,028	12,501	427369,722	709384,794	12,811	G2-13
G2-14	427442,286	709337,003	10,947	427442,289	709337,062	13,004	427442,272	709337,110	11,003	G2-14
G2-15	427464,401	709301,69	10,073	427464,405	709301,748	12,130	427464,379	709301,784	10,126	G2-15
G2-16	427535,555	709333,325	6,907	427535,553	709333,404	8,931	427535,154	709335,365	7,407	G2-16
G2-17	427557,821	709397,297	6,289	427557,819	709397,366	8,310	427557,812	709397,377	6,327	G2-17
G2-18	427633,357	709390,847	3,314	427633,336	709390,923	5,281	427633,340	709390,958	3,302	G2-18
G2-19	427588,936	709172,56	3,428	427588,929	709172,632	5,468	427588,905	709172,663	3,436	G2-19
G2-20	427586,274	709127,031	3,441	427586,269	709127,081	5,452	427586,307	709127,104	3,427	G2-20
G2-21	427532,046	709097,399	4,035	427532,045	709097,496	6,048	427532,022	709097,485	4,087	G2-21
G2-22	427489,507	709014,921	6,128	427489,385	709014,795	8,385	427489,491	709015,024	6,173	G2-22

Source : *ADJIBOYE Kayodé Sylvestre*

PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS

Tableau n°5 : Moyenne par période sur les 3 appareils

PRECISION DES OBSERVATIONS GNSS DANS LE TEMPS : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS Présenté par: ADJIBOYE K, Sylvestre Contrôlé par: Yêzidou TOUKOUROU UAC_EPAC_CAP MOYENNE PAR PERIODE SUR LES 3 APPAREILS 04/10/2022 Lieu: Ab-Calavi/UAC BUREAU D'EXECUTION DES TRAVAUX: BECTAFEG											
Tranche 07h_11h				Tranche 12h_15h			Tranche 16h_19h				
P_T	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	P_T	
G2-1	426822,513	708754,858	11,874	426822,516	708754,845	11,166	426822,510	708754,832	11,162	G2-1	
G2-2	426764,805	708798,078	10,167	426764,712	708797,932	10,247	426764,726	708798,010	10,227	G2-2	
G2-3	426753,977	708854,704	9,644	426753,983	708854,668	8,957	426753,973	708854,663	8,925	G2-3	
G2-4	426774,157	708965,360	8,986	426774,342	708965,896	8,463	426774,167	708965,323	8,268	G2-4	
G2-5	426777,038	709059,530	9,027	426777,053	709059,526	8,375	426777,053	709059,516	8,369	G2-5	
G2-6	426913,157	709026,439	9,811	426913,160	709026,432	9,838	426913,174	709026,422	9,811	G2-6	
G2-7	426923,123	709318,419	11,096	426923,850	709318,190	11,599	426923,139	709318,418	11,091	G2-7	
G2-8"	426853,674	709315,419	10,532	426854,415	709315,213	11,120	426853,675	709315,415	10,545	G2-8"	
G2-8	426884,780	709394,410	11,106	426884,769	709394,388	11,097	426884,882	709394,521	11,456	G2-8	
G2-9	427021,454	709398,079	11,940	427021,445	709398,101	11,919	427021,469	709398,071	11,896	G2-9	
G2-10	427185,947	709388,579	12,152	427185,924	709388,560	12,153	427185,948	709388,574	12,138	G2-10	
G2-11	427208,322	709337,639	12,876	427208,326	709337,643	12,867	427208,324	709337,637	12,849	G2-11	
G2-12	427361,660	709384,760	12,854	427361,647	709384,723	12,827	427365,399	709375,965	12,163	G2-12	
G2-13	427368,955	709385,651	12,491	427368,895	709385,634	12,391	427372,343	709378,238	12,373	G2-13	
G2-14	427442,292	709337,062	11,665	427442,286	709337,069	11,650	427442,282	709337,058	11,651	G2-14	
G2-15	427464,402	709301,752	10,784	427464,393	709301,743	10,754	427464,395	709301,741	10,776	G2-15	
G2-16	427535,409	709334,031	7,748	427535,414	709334,033	7,740	427535,421	709334,031	7,748	G2-16	
G2-17	427557,800	709397,343	6,972	427557,804	709397,335	6,958	427557,817	709397,347	6,975	G2-17	
G2-18	427633,338	709390,905	3,997	427633,350	709390,899	3,968	427633,344	709390,909	3,966	G2-18	
G2-19	427588,917	709172,621	4,120	427588,913	709172,620	4,110	427588,923	709172,618	4,111	G2-19	
G2-20	427586,262	709127,076	4,105	427586,262	709127,057	4,085	427586,283	709127,072	4,107	G2-20	
G2-21	427532,036	709097,462	4,723	427532,048	709097,455	4,722	427532,038	709097,460	4,723	G2-21	
G2-22	427489,509	709014,962	6,833	427489,488	709014,950	6,811	427489,461	709014,913	6,895	G2-22	

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre

PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS

Tableau n°6 : Moyenne sur chaque Récepteur

PRECISION DES OBSERVATIONS GNSS DANS LE TEMPS :											
CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS											
Présenté par: ADJIBOYE K, Sylvestre				Contrôlé par: Yêzidou TOUKOUROU				UAC_EPAC_CAP			
Moyenne sur chaque Récepteur				04/10/2022							
Lieu: Ab-Calavi/UAC				BUREAU D'EXECUTION DES TRAVAUX:				BECTAFEG			
APPAREIL 2				APPAREIL 3			APPAREIL 1				
P_T	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	P_T	
G2-1	426822,523	708754,807	11,152	426822,515	708754,850	12,544	426822,516	708754,878	10,507	G2-1	
G2-2	426764,838	708797,974	9,381	426764,688	708798,029	11,827	426764,716	708798,017	9,433	G2-2	
G2-3	426753,989	708854,639	8,940	426753,978	708854,686	10,335	426753,967	708854,710	8,251	G2-3	
G2-4	426774,169	708965,300	8,269	426774,169	708965,343	9,656	426774,327	708965,936	7,792	G2-4	
G2-5	426777,053	709059,515	8,315	426777,037	709059,566	9,753	426777,055	709059,490	7,703	G2-5	
G2-6	426913,171	709026,375	9,120	426913,164	709026,457	11,201	426913,156	709026,461	9,138	G2-6	
G2-7	426923,149	709318,365	10,396	426923,120	709318,439	12,449	426923,842	709318,223	10,940	G2-7	
G2-8"	426853,686	709315,357	9,844	426853,667	709315,434	11,886	426854,412	709315,256	10,468	G2-8"	
G2-8	426884,791	709394,341	10,415	426884,883	709394,553	12,817	426884,757	709394,424	10,427	G2-8	
G2-9	427021,461	709398,072	11,233	427021,454	709398,122	13,264	427021,453	709398,057	11,258	G2-9	
G2-10	427185,951	709388,521	11,447	427185,946	709388,598	13,540	427185,921	709388,594	11,456	G2-10	
G2-11	427208,327	709337,593	12,175	427208,337	709337,651	14,244	427208,308	709337,674	12,174	G2-11	
G2-12	427361,667	709384,698	12,166	427365,402	709376,024	13,511	427361,636	709384,725	12,166	G2-12	
G2-13	427368,561	709385,867	11,648	427372,672	709378,098	13,471	427368,960	709385,558	12,136	G2-13	
G2-14	427442,295	709337,005	10,954	427442,290	709337,078	13,022	427442,275	709337,107	10,991	G2-14	
G2-15	427464,404	709301,696	10,071	427464,395	709301,759	12,149	427464,391	709301,780	10,094	G2-15	
G2-16	427535,551	709333,331	6,902	427535,542	709333,403	8,945	427535,151	709335,361	7,388	G2-16	
G2-17	427557,821	709397,300	6,288	427557,797	709397,361	8,317	427557,803	709397,364	6,300	G2-17	
G2-18	427633,351	709390,844	3,298	427633,342	709390,935	5,314	427633,340	709390,934	3,319	G2-18	
G2-19	427588,935	709172,567	3,426	427588,910	709172,637	5,494	427588,908	709172,656	3,421	G2-19	
G2-20	427586,276	709127,021	3,412	427586,261	709127,083	5,474	427586,271	709127,102	3,410	G2-20	
G2-21	427532,052	709097,401	4,035	427532,039	709097,483	6,086	427532,030	709097,493	4,047	G2-21	
G2-22	427489,504	709014,910	6,133	427489,461	709014,919	8,266	427489,493	709014,997	6,140	G2-22	

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre

Tableau n°7 : Moyenne par période sur les 3 appareils

MOYENNE GENERALE SUR LES 3 APPAREILS SUR TOUTES PERIODES				
P_T	X	Y	Z	P_T
G2-1	426822,513	708754,845	11,401	G2-1
G2-2	426764,747	708798,007	10,214	G2-2
G2-3	426753,978	708854,678	9,175	G2-3
G2-4	426774,222	708965,526	8,572	G2-4
G2-5	426777,048	709059,524	8,590	G2-5
G2-6	426913,164	709026,431	9,820	G2-6
G2-7	426923,371	709318,342	11,262	G2-7
G2-8"	426853,921	709315,349	10,733	G2-8"
G2-8	426884,810	709394,440	11,220	G2-8
G2-9	427021,456	709398,084	11,918	G2-9
G2-10	427185,940	709388,571	12,148	G2-10
G2-11	427208,324	709337,640	12,864	G2-11
G2-12	427362,902	709381,816	12,614	G2-12

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

G2-13	427370,064	709383,174	12,418	G2-13
G2-14	427442,287	709337,063	11,656	G2-14
G2-15	427464,397	709301,745	10,771	G2-15
G2-16	427535,415	709334,032	7,745	G2-16
G2-17	427557,807	709397,342	6,968	G2-17
G2-18	427633,344	709390,904	3,977	G2-18
G2-19	427588,918	709172,620	4,113	G2-19
G2-20	427586,269	709127,068	4,099	G2-20
G2-21	427532,040	709097,459	4,723	G2-21
<u>G2-22</u>	<u>427489,486</u>	<u>709014,942</u>	<u>6,846</u>	<u>G2-22</u>

Source : *ADJIBOYE Kayodé Sylvestre*

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Tableau n°14 : Les coordonnées en mode statique des onze points au cours d'une semaine.

Jours	Lundi		Mardi		Mercredi	
Points	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
P1-1	426913.092	709026.511	426913.102	709026.511	426913.101	709026.515
P1-2	426884.708	709394.471	426884.711	709394.471	426884.703	709394.472
P1-3	427021.379	709398.232	427021.370	709398.215	427021.382	709398.217
P1-4	427185.871	709388.646	427185.862	709388.657	427185.857	709388.649
P1-5	427208.253	709337.722	427208.252	709337.717	427208.242	709337.728
P1-6	427361.585	709384.798	427361.606	709384.812	427361.605	709384.842
P1-7	427368.523	709385.968	427368.518	709385.989	427368.556	709385.997
P1-8	427442.219	709337.157	427442.207	709337.147	427442.218	709337.154
P1-9	427464.321	709301.839	427464.320	709301.838	427464.321	709301.836
P1-10	427535.103	709335.398	427535.092	709335.402	427535.090	709335.400
P1-11	427557.742	709397.425	427557.734	709397.426	427557.736	709397.423

Jours	Jeudi		Vendredi		Samedi		Dimanche	
Points	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
P1-1	426913.101	709026.509	426913.108	709026.505	426913.097	709026.500	426913.100	709026.499
P1-2	426884.707	709394.471	426884.704	709394.461	426884.713	709394.458	426884.710	709394.465
P1-3	427021.378	709398.235	427021.370	709398.210	427021.379	709398.205	427021.373	709398.211
P1-4	427185.860	709388.653	427185.872	709388.652	427185.881	709388.662	427185.871	709388.654
P1-5	427208.249	709337.723	427208.251	709337.714	427208.242	709337.725	427208.250	709337.726
P1-6	427361.589	709384.823	427361.600	709384.828	427361.589	709384.844	427361.598	709384.833
P1-7	427368.519	709385.976	427368.546	709386.006	427368.549	709385.985	427368.531	709385.980
P1-8	427442.209	709337.150	427442.220	709337.144	427442.218	709337.141	427442.214	709337.155
P1-9	427464.319	709301.833	427464.319	709301.827	427464.327	709301.824	427464.327	709301.828
P1-10	427535.091	709335.397	427535.096	709335.393	427535.091	709335.387	427535.096	709335.392
P1-11	427557.738	709397.426	427557.737	709397.411	427557.740	709397.415	427557.746	709397.413

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

4.1.2 : Les tableaux relatifs aux résultats obtenus pour l'objectif spécifique 1

**4.1.3 Tableau n°8 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil
T30 Sino GNSS**

Points	Appareil 1			moyenne	résidus	carré des résidu	somme des carré des résidus	écart type par point
	7h57-11h	12h-13h46	16h45-18h46					
	X							
G2_1_R	426 822,516	426 822,500	426 822,489	426 822,502	0,014 - 0,002 - 0,013	0,000205 0,000003 0,000160	0,000369	0,013577
G2_2_R	426 764,712	426 764,698	426 764,738	426 764,716	-0,004 - 0,018 0,022	0,000016 0,000324 0,000484	0,000824	0,020298
G2_3_R	426 753,989	426 753,962	426 753,950	426 753,967	0,022 - 0,005 - 0,017	0,000484 0,000025 0,000289	0,000798	0,019975
G2_4_R	426 774,150	426 774,682	426 774,150	426 774,327	-0,177 0,355 - 0,177	0,031447 0,125788 0,031447	0,188683	0,307150
G2_5_R	426 777,036	426 777,083	426 777,045	426 777,055	-0,019 0,028 - 0,010	0,000348 0,000803 0,000093	0,001245	0,024947
G2_6_R	426 913,154	426 913,148	426 913,166	426 913,156	-0,002 - 0,008 0,010	0,000004 0,000064 0,000100	0,000168	0,009165
G2_7_R	426 923,112	426 925,283	426 923,132	426 923,842	-0,730 1,441 - 0,710	0,533387 2,075520 0,504573	3,113481	1,247694
G2_8_PR_R	426 853,674	426 855,905	426 853,656	426 854,412	-0,738 1,493 - 0,756	0,544152 2,230044 0,571032	3,345229	1,293296
G2_8_R	426 884,774	426 884,728	426 884,770	426 884,757	0,017 - 0,029 0,013	0,000278 0,000860 0,000160	0,001299	0,025482
G2_9_R	427 021,454	427 021,423	427 021,483	427 021,453	0,001 - 0,030 0,030	0,000000 0,000920 0,000880	0,001801	0,030006
G2_10_R	427 185,944	427 185,864	427 185,955	427 185,921	0,023 - 0,057 0,034	0,000529 0,003249 0,001156	0,004934	0,049669
G2_11_R	427 208,314	427 208,303	427 208,307	427 208,308	0,006 - 0,005 - 0,001	0,000036 0,000025 0,000001	0,000062	0,005568
G2_12_R	427 361,637	427 361,636	427 361,636	427 361,636	0,001 - 0,000 - 0,000	0,000000 0,000000 0,000000	0,000001	0,000577
G2_13_R	427 368,588	427 368,571	427 369,722	427 368,960	-0,372 - 0,389 0,762	0,138632 0,151580 0,580136	0,870349	0,659677
G2_14_R	427 442,282	427 442,272	427 442,272	427 442,275	0,007 - 0,003 - 0,003	0,000044 0,000011 0,000011	0,000067	0,005774
G2_15_R	427 464,413	427 464,382	427 464,379	427 464,391	0,022 - 0,009 - 0,012	0,000469 0,000087 0,000152	0,000709	0,018824
G2_16_R	427 535,147	427 535,152	427 535,154	427 535,151	-0,004 0,001 0,003	0,000016 0,000001 0,000009	0,000026	0,003606
G2_17_R	427 557,804	427 557,793	427 557,812	427 557,803	0,001 - 0,010 0,009	0,000001 0,000100 0,000081	0,000182	0,009539
G2_18_R	427 633,349	427 633,331	427 633,340	427 633,340	0,009 - 0,009 -	0,000081 0,000081 0,000000	0,000162	0,009000
G2_19_R	427 588,917	427 588,902	427 588,905	427 588,908	0,009 - 0,006 - 0,003	0,000081 0,000036 0,000009	0,000126	0,007937
G2_20_R	427 586,254	427 586,251	427 586,307	427 586,271	-0,017 - 0,020 0,036	0,000278 0,000387 0,001320	0,001985	0,031501
G2_21_R	427 532,031	427 532,038	427 532,022	427 532,030	0,001 0,008 - 0,008	0,000000 0,000059 0,000069	0,000129	0,008021
G2_22_R	427 489,514	427 489,475	427 489,491	427 489,493	0,021 - 0,018 - 0,002	0,000427 0,000336 0,000005	0,000769	0,019604

Source : Données transférées vers le classeur Excel.

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Tableau n°9 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T30 Sino GNSS

	Y											
G2_1_R	708754,865	708754,888	708754,880	708 754,878	-0,013	0,010	0,002	0,000160	0,000107	0,000005	0,000273	0,011676
G2_2_R	708797,996	708798,023	708798,032	708 798,017	-0,021	0,006	0,015	0,000441	0,000036	0,000225	0,000702	0,018735
G2_3_R	708854,722	708854,695	708854,712	708 854,710	0,012	- 0,015	0,002	0,000152	0,000215	0,000005	0,000373	0,013650
G2_4_R	708965,353	708967,100	708965,355	708 965,936	-0,583	1,164	- 0,581	0,339889	1,354896	0,337561	2,032346	1,008054
G2_5_R	709059,497	709059,495	709059,479	709 059,490	0,007	0,005	- 0,011	0,000044	0,000022	0,000128	0,000195	0,009866
G2_6_R	709026,468	709026,459	709026,455	709 026,461	0,007	- 0,002	- 0,006	0,000054	0,000003	0,000032	0,000089	0,006658
G2_7_R	709318,455	709317,750	709318,465	709 318,223	0,232	- 0,473	0,242	0,053669	0,224044	0,058403	0,336117	0,409949
G2_8_PR_R	709315,458	709314,854	709315,457	709 315,256	0,202	- 0,402	0,201	0,040669	0,161872	0,040267	0,242809	0,348431
G2_8_R	709394,448	709394,403	709394,422	709 394,424	0,024	- 0,021	- 0,002	0,000560	0,000455	0,000005	0,001021	0,022591
G2_9_R	709398,050	709398,077	709398,043	709 398,057	-0,007	0,020	- 0,014	0,000044	0,000413	0,000187	0,000645	0,017954
G2_10_R	709388,615	709388,555	709388,613	709 388,594	0,021	- 0,039	0,019	0,000427	0,001547	0,000348	0,002323	0,034078
G2_11_R	709337,670	709337,672	709337,681	709 337,674	-0,004	- 0,002	0,007	0,000019	0,000005	0,000044	0,000069	0,005859
G2_12_R	709384,761	709384,724	709384,690	709 384,725	0,036	- 0,001	- 0,035	0,001296	0,000001	0,001225	0,002522	0,035511
G2_13_R	709385,928	709385,952	709384,794	709 385,558	0,370	0,394	- 0,764	0,136900	0,155236	0,583696	0,875832	0,661752
G2_14_R	709337,096	709337,114	709337,110	709 337,107	-0,011	0,007	0,003	0,000114	0,000054	0,000011	0,000179	0,009452
G2_15_R	709301,779	709301,778	709301,784	709 301,780	-0,001	- 0,002	0,004	0,000002	0,000005	0,000013	0,000021	0,003215
G2_16_R	709335,359	709335,360	709335,365	709 335,361	-0,002	- 0,001	0,004	0,000005	0,000002	0,000013	0,000021	0,003215
G2_17_R	709397,367	709397,348	709397,377	709 397,364	0,003	- 0,016	0,013	0,000009	0,000256	0,000169	0,000434	0,014731
G2_18_R	709390,935	709390,909	709390,958	709 390,934	0,001	- 0,025	0,024	0,000001	0,000625	0,000576	0,001202	0,024515
G2_19_R	709172,649	709172,657	709172,663	709 172,656	-0,007	0,001	0,007	0,000054	0,000000	0,000044	0,000099	0,007024
G2_20_R	709127,107	709127,095	709127,104	709 127,102	0,005	- 0,007	0,002	0,000025	0,000049	0,000004	0,000078	0,006245
G2_21_R	709097,498	709097,497	709097,485	709 097,493	0,005	0,004	- 0,008	0,000022	0,000013	0,000069	0,000105	0,007234
G2_22_R	709014,984	709014,984	709015,024	709 014,997	-0,013	- 0,013	0,027	0,000178	0,000178	0,000711	0,001067	0,023094

Source : *Données transférées vers le classeur Excel.*

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Tableau n°10 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil E600 GNSS Survey

Appareil 2												
	7h00-10h30	12h00-15h	16h00-19h00									
	X			moyenne	résidus			carré des résidus			somme des carré des résidus	écart type par point
G2-1	426822,516	426822,536	426822,516	426 822,523	- 0,007	0,013	- 0,007	0,000044	0,000178	0,000044	0,000267	0,011547
G2-2	426764,905	426764,863	426764,747	426 764,838	0,067	0,025	- 0,091	0,004444	0,000608	0,008342	0,013395	0,081837
G2-3	426753,971	426754,013	426753,982	426 753,989	- 0,018	0,024	- 0,007	0,000312	0,000592	0,000044	0,000949	0,021779
G2-4	426774,150	426774,194	426774,164	426 774,169	- 0,019	0,025	- 0,005	0,000374	0,000608	0,000028	0,001011	0,022480
G2-5	426777,046	426777,051	426777,062	426 777,053	- 0,007	- 0,002	0,009	0,000049	0,000004	0,000081	0,000134	0,008185
G2-6	426913,163	426913,176	426913,173	426 913,171	- 0,008	0,005	0,002	0,000059	0,000028	0,000005	0,000093	0,006807
G2-7	426923,134	426923,160	426923,154	426 923,149	- 0,015	0,011	0,005	0,000235	0,000114	0,000022	0,000371	0,013614
G2-8"	426853,675	426853,680	426853,702	426 853,686	- 0,011	- 0,006	0,016	0,000114	0,000032	0,000267	0,000413	0,014364
G2-8	426884,786	426884,796	426884,790	426 884,791	- 0,005	0,005	- 0,001	0,000022	0,000028	0,000000	0,000051	0,005033
G2-9	427021,450	427021,472	427021,461	427 021,461	- 0,011	0,011	-	0,000121	0,000121	0,000000	0,000242	0,011000
G2-10	427185,951	427185,965	427185,938	427 185,951	- 0,000	0,014	- 0,013	0,000000	0,000187	0,000178	0,000365	0,013503
G2-11	427208,312	427208,342	427208,326	427 208,327	- 0,015	0,015	- 0,001	0,000215	0,000235	0,000000	0,000451	0,015011
G2-12	427361,667	427361,666	427361,667	427 361,667	0,000	- 0,001	0,000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000577
G2-13	427368,599	427368,452	427368,633	427 368,561	0,038	- 0,109	0,072	0,001419	0,011954	0,005136	0,018509	0,096199
G2-14	427442,298	427442,301	427442,286	427 442,295	0,003	0,006	- 0,009	0,000009	0,000036	0,000081	0,000126	0,007937
G2-15	427464,400	427464,411	427464,401	427 464,404	- 0,004	0,007	- 0,003	0,000016	0,000049	0,000009	0,000074	0,006083
G2-16	427535,549	427535,548	427535,555	427 535,551	- 0,002	- 0,003	0,004	0,000003	0,000007	0,000019	0,000029	0,003786
G2-17	427557,818	427557,825	427557,821	427 557,821	- 0,003	0,004	- 0,000	0,000011	0,000013	0,000000	0,000025	0,003512
G2-18	427633,349	427633,348	427633,357	427 633,351	- 0,002	- 0,003	0,006	0,000005	0,000011	0,000032	0,000049	0,004933
G2-19	427588,937	427588,932	427588,936	427 588,935	0,002	- 0,003	0,001	0,000004	0,000009	0,000001	0,000014	0,002646
G2-20	427586,273	427586,281	427586,274	427 586,276	- 0,003	0,005	- 0,002	0,000009	0,000025	0,000004	0,000038	0,004359
G2-21	427532,051	427532,060	427532,046	427 532,052	- 0,001	0,008	- 0,006	0,000002	0,000059	0,000040	0,000101	0,007095
G2-22	427489,506	427489,500	427489,507	427 489,504	0,002	- 0,004	0,003	0,000003	0,000019	0,000007	0,000029	0,003786

Source : Données transférées vers le classeur Excel.

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Tableau n°11 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil E600 GNSS Survey

	Y											
G2-1	708754,844	708754,799	708754,779	708 754,807	0,037	- 0,008	- 0,028	0,001344	0,000069	0,000803	0,002217	0,033292
G2-2	708798,089	708797,851	708797,981	708 797,974	0,115	- 0,123	0,007	0,013302	0,015047	0,000054	0,028403	0,119169
G2-3	708854,689	708854,625	708854,602	708 854,639	0,050	- 0,014	- 0,037	0,002533	0,000187	0,001344	0,004065	0,045081
G2-4	708965,340	708965,283	708965,276	708 965,300	0,040	- 0,017	- 0,024	0,001627	0,000278	0,000560	0,002465	0,035105
G2-5	709059,496	709059,540	709059,510	709 059,515	- 0,019	0,025	- 0,005	0,000374	0,000608	0,000028	0,001011	0,022480
G2-6	709026,373	709026,383	709026,368	709 026,375	- 0,002	0,008	- 0,007	0,000003	0,000069	0,000044	0,000117	0,007638
G2-7	709318,347	709318,386	709318,363	709 318,365	- 0,018	0,021	- 0,002	0,000336	0,000427	0,000005	0,000769	0,019604
G2-8"	709315,348	709315,364	709315,358	709 315,357	- 0,009	0,007	0,001	0,000075	0,000054	0,000002	0,000131	0,008083
G2-8	709394,331	709394,342	709394,351	709 394,341	- 0,010	0,001	0,010	0,000107	0,000000	0,000093	0,000201	0,010017
G2-9	709398,059	709398,089	709398,068	709 398,072	- 0,013	0,017	- 0,004	0,000169	0,000289	0,000016	0,000474	0,015395
G2-10	709388,518	709388,526	709388,518	709 388,521	- 0,003	0,005	- 0,003	0,000007	0,000028	0,000007	0,000043	0,004619
G2-11	709337,580	709337,610	709337,590	709 337,593	- 0,013	0,017	- 0,003	0,000178	0,000278	0,000011	0,000467	0,015275
G2-12	709384,684	709384,692	709384,719	709 384,698	- 0,014	- 0,006	0,021	0,000205	0,000040	0,000427	0,000673	0,018339
G2-13	709385,857	709385,852	709385,892	709 385,867	- 0,010	- 0,015	0,025	0,000100	0,000225	0,000625	0,000950	0,021794
G2-14	709336,991	709337,021	709337,003	709 337,005	- 0,014	0,016	- 0,002	0,000196	0,000256	0,000004	0,000456	0,015100
G2-15	709301,688	709301,710	709301,690	709 301,696	- 0,008	0,014	- 0,006	0,000064	0,000196	0,000036	0,000296	0,012166
G2-16	709333,315	709333,354	709333,325	709 333,331	- 0,016	0,023	- 0,006	0,000267	0,000514	0,000040	0,000821	0,020257
G2-17	709397,287	709397,317	709397,297	709 397,300	- 0,013	0,017	- 0,003	0,000178	0,000278	0,000011	0,000467	0,015275
G2-18	709390,833	709390,852	709390,847	709 390,844	- 0,011	0,008	0,003	0,000121	0,000064	0,000009	0,000194	0,009849
G2-19	709172,556	709172,584	709172,560	709 172,567	- 0,011	0,017	- 0,007	0,000114	0,000300	0,000044	0,000459	0,015144
G2-20	709127,012	709127,019	709127,031	709 127,021	- 0,009	- 0,002	0,010	0,000075	0,000003	0,000107	0,000185	0,009609
G2-21	709097,394	709097,409	709097,399	709 097,401	- 0,007	0,008	- 0,002	0,000044	0,000069	0,000003	0,000117	0,007638
G2-22	709014,894	709014,915	709014,921	709 014,910	- 0,016	0,005	0,011	0,000256	0,000025	0,000121	0,000402	0,014177

Source : Données transférées vers le classeur Excel.

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Tableau n°12 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T300 Sino GNSS

	Appareil 3											
	7h00-10h30	12h00-15h	16h00-19h00									
	X			moyenne	résidus			carré des résidu			somme des carré des résidus	écart type par point
TK1	426822,508	426822,511	426822,526	426 822,515	-0,007	- 0,004	0,011	0,000049	0,000016	0,000121	0,000186	0,009644
TK2-	426764,797	426764,575	426764,692	426 764,688	0,109	- 0,113	0,004	0,011888	0,012784	0,000016	0,024689	0,111105
TK3	426753,972	426753,975	426753,986	426 753,978	-0,006	- 0,003	0,008	0,000032	0,000007	0,000069	0,000109	0,007371
TK4	426774,170	426774,151	426774,187	426 774,169	0,001	- 0,018	0,018	0,000000	0,000336	0,000312	0,000649	0,018009
TK5	426777,033	426777,026	426777,051	426 777,037	-0,004	- 0,011	0,014	0,000013	0,000114	0,000205	0,000333	0,012897
TK6	426913,153	426913,157	426913,183	426 913,164	-0,011	- 0,007	0,019	0,000128	0,000054	0,000348	0,000531	0,016289
TK7	426923,124	426923,106	426923,131	426 923,120	0,004	- 0,014	0,011	0,000013	0,000205	0,000114	0,000333	0,012897
TK8p	426853,673	426853,659	426853,668	426 853,667	0,006	- 0,008	0,001	0,000040	0,000059	0,000002	0,000101	0,007095
TK8	426884,780	426884,784	426885,085	426 884,883	-0,103	- 0,099	0,202	0,010609	0,009801	0,040804	0,061214	0,174949
TK9	427021,458	427021,44	427021,463	427 021,454	0,004	- 0,014	0,009	0,000019	0,000187	0,000087	0,000293	0,012097
TK10	427185,947	427185,942	427185,950	427 185,946	0,001	- 0,004	0,004	0,000000	0,000019	0,000013	0,000033	0,004041
TK11	427208,340	427208,333	427208,339	427 208,337	0,003	- 0,004	0,002	0,000007	0,000019	0,000003	0,000029	0,003786
TK12	427361,675	427361,639	427372,893	427 365,402	-3,727	- 3,763	7,491	13,893014	14,162678	56,110087	84,165779	6,487133
TK13	427369,678	427369,662	427378,675	427 372,672	-2,994	- 3,010	6,003	8,961441	9,058093	36,038810	54,058345	5,198959
TK14	427442,295	427442,286	427442,289	427 442,290	0,005	- 0,004	- 0,001	0,000025	0,000016	0,000001	0,000042	0,004583
TK15	427464,394	427464,387	427464,405	427 464,395	-0,001	- 0,008	0,010	0,000002	0,000069	0,000093	0,000165	0,009074
TK16	427535,531	427535,542	427535,553	427 535,542	-0,011	-	0,011	0,000121	-	0,000121	0,000242	0,011000
TK17	427557,779	427557,794	427557,819	427 557,797	-0,018	- 0,003	0,022	0,000336	0,000011	0,000469	0,000817	0,020207
TK18	427633,317	427633,372	427633,336	427 633,342	-0,025	0,030	- 0,006	0,000608	0,000920	0,000032	0,001561	0,027934
TK19	427588,898	427588,904	427588,929	427 588,910	-0,012	- 0,006	0,019	0,000152	0,000040	0,000348	0,000541	0,016442
TK20	427586,259	427586,255	427586,269	427 586,261	-0,002	- 0,006	0,008	0,000004	0,000036	0,000064	0,000104	0,007211
TK21	427532,025	427532,046	427532,045	427 532,039	-0,014	0,007	0,006	0,000187	0,000054	0,000040	0,000281	0,011846
TK22	427489,508	427489,49	427489,385	427 489,461	0,047	0,029	- 0,076	0,002209	0,000841	0,005776	0,008826	0,066430

Source : Données transférées vers le classeur Excel.

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Tableau n°13 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T300 Sino GNSS

	Y											
TK1	708754,866	708754,847	708754,838	708 754,850	0,016	- 0,003	- 0,012	0,000245	0,000011	0,000152	0,000409	0,014295
TK2-	708798,150	708797,922	708798,016	708 798,029	0,121	- 0,108	- 0,013	0,014560	0,011563	0,000172	0,026296	0,114665
TK3	708854,700	708854,683	708854,676	708 854,686	0,014	- 0,003	- 0,010	0,000187	0,000011	0,000107	0,000305	0,012342
TK4	708965,386	708965,305	708965,338	708 965,343	0,043	- 0,038	- 0,005	0,001849	0,001444	0,000025	0,003318	0,040731
TK5	709059,596	709059,544	709059,558	709 059,566	0,030	- 0,022	- 0,008	0,000900	0,000484	0,000064	0,001448	0,026907
TK6	709026,475	709026,453	709026,444	709 026,457	0,018	- 0,004	- 0,013	0,000312	0,000019	0,000178	0,000509	0,015948
TK7	709318,456	709318,434	709318,426	709 318,439	0,017	- 0,005	- 0,013	0,000300	0,000022	0,000160	0,000483	0,015535
TK8p	709315,451	709315,422	709315,429	709 315,434	0,017	- 0,012	- 0,005	0,000289	0,000144	0,000025	0,000458	0,015133
TK8	709394,451	709394,418	709394,790	709 394,553	-0,102	- 0,135	0,237	0,010404	0,018225	0,056169	0,084798	0,205910
TK9	709398,127	709398,137	709398,103	709 398,122	0,005	0,015	- 0,019	0,000022	0,000215	0,000374	0,000611	0,017474
TK10	709388,605	709388,598	709388,590	709 388,598	0,007	0,000	- 0,008	0,000054	0,000000	0,000059	0,000113	0,007506
TK11	709337,668	709337,646	709337,639	709 337,651	0,017	- 0,005	- 0,012	0,000289	0,000025	0,000144	0,000458	0,015133
TK12	709384,836	709384,752	709358,485	709 376,024	8,812	8,728	-17,539	77,646644	76,173329	307,632891	461,452864	15,189682
TK13	709385,169	709385,098	709364,028	709 378,098	7,071	7,000	-14,070	49,994327	48,993934	197,971466	296,959727	12,185231
TK14	709337,099	709337,073	709337,062	709 337,078	0,021	- 0,005	- 0,016	0,000441	0,000025	0,000256	0,000722	0,019000
TK15	709301,788	709301,742	709301,748	709 301,759	0,029	- 0,017	- 0,011	0,000822	0,000300	0,000128	0,001251	0,025007
TK16	709333,419	709333,386	709333,404	709 333,403	0,016	- 0,017	0,001	0,000256	0,000289	0,000001	0,000546	0,016523
TK17	709397,376	709397,34	709397,366	709 397,361	0,015	- 0,021	0,005	0,000235	0,000427	0,000028	0,000691	0,018583
TK18	709390,946	709390,935	709390,923	709 390,935	0,011	0,000	- 0,012	0,000128	0,000000	0,000136	0,000265	0,011504
TK19	709172,659	709172,619	709172,632	709 172,637	0,022	- 0,018	- 0,005	0,000499	0,000312	0,000022	0,000833	0,020404
TK20	709127,110	709127,057	709127,081	709 127,083	0,027	- 0,026	- 0,002	0,000747	0,000659	0,000003	0,001409	0,026539
TK21	709097,493	709097,46	709097,496	709 097,483	0,010	- 0,023	0,013	0,000100	0,000529	0,000169	0,000798	0,019975
TK22	709015,009	709014,952	709014,795	709 014,919	0,090	0,033	- 0,124	0,008160	0,001111	0,015293	0,024565	0,110826

Source : *Données transférées vers le classeur Excel.*

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**

Tableau n°15 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne générale en mode statique

								Moyenne Mc	Appareil 1	Appareil 2	Appareil 3	Ecart1	Ecart2	Ecart3
P1-1	426913,092	426913,102	426913,101	426913,101	426913,108	426913,097	426913,1	426913,100	426 913,156	426 913,171	426 913,164	- 0,056	- 0,071	- 0,064
P1-2	426884,708	426884,711	426884,703	426884,707	426884,704	426884,713	426884,71	426884,708	426 884,757	426 884,791	426 884,883	- 0,049	- 0,083	- 0,175
P1-3	427021,379	427021,37	427021,382	427021,378	427021,37	427021,379	427021,373	427021,376	427 021,453	427 021,461	427 021,454	- 0,077	- 0,085	- 0,078
P1-4	427185,871	427185,862	427185,857	427185,86	427185,872	427185,881	427185,871	427185,868	427 185,921	427 185,951	427 185,946	- 0,053	- 0,084	- 0,079
P1-5	427208,253	427208,252	427208,242	427208,249	427208,251	427208,242	427208,25	427208,248	427 208,308	427 208,327	427 208,337	- 0,060	- 0,078	- 0,089
P1-6	427361,585	427361,606	427361,605	427361,589	427361,6	427361,589	427361,598	427361,596	427 361,636	427 361,667	427 365,402	- 0,040	- 0,071	- 3,806
P1-7	427368,523	427368,518	427368,556	427368,519	427368,546	427368,549	427368,531	427368,535	427 368,960	427 368,561	427 372,672	- 0,426	- 0,027	- 4,137
P1-8	427442,219	427442,207	427442,218	427442,209	427442,22	427442,218	427442,214	427442,215	427 442,275	427 442,295	427 442,290	- 0,060	- 0,080	- 0,075
P1-9	427464,321	427464,32	427464,321	427464,319	427464,319	427464,327	427464,327	427464,322	427 464,391	427 464,404	427 464,395	- 0,069	- 0,082	- 0,073
P1-10	427535,103	427535,092	427535,09	427535,091	427535,096	427535,091	427535,096	427535,094	427 535,151	427 535,551	427 535,542	- 0,057	- 0,457	- 0,448
P1-11	427557,742	427557,734	427557,736	427557,738	427557,737	427557,74	427557,746	427557,739	427 557,803	427 557,821	427 557,797	- 0,064	- 0,082	- 0,058

Tableau n°16 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne générale en mode statique

P1-1	709026,511	709026,511	709026,515	709026,509	709026,505	709026,5	709026,499	709026,507	709 026,461	709 026,375	709 026,457	0,046	0,132	0,050
P1-2	709394,471	709394,471	709394,472	709394,471	709394,461	709394,458	709394,465	709394,467	709 394,424	709 394,341	709 394,553	0,043	0,126	- 0,086
P1-3	709398,232	709398,215	709398,217	709398,235	709398,21	709398,205	709398,211	709398,218	709 398,057	709 398,072	709 398,122	0,161	0,146	0,096
P1-4	709388,646	709388,657	709388,649	709388,653	709388,652	709388,662	709388,654	709388,653	709 388,594	709 388,521	709 388,598	0,059	0,133	0,056
P1-5	709337,722	709337,717	709337,728	709337,723	709337,714	709337,725	709337,726	709337,722	709 337,674	709 337,593	709 337,651	0,048	0,129	0,071
P1-6	709384,798	709384,812	709384,842	709384,823	709384,828	709384,844	709384,833	709384,826	709 384,725	709 384,698	709 376,024	0,101	0,127	8,801
P1-7	709385,968	709385,989	709385,997	709385,976	709386,006	709385,985	709385,98	709385,986	709 385,558	709 385,867	709 378,098	0,428	0,119	7,887
P1-8	709337,157	709337,147	709337,154	709337,15	709337,144	709337,141	709337,155	709337,150	709 337,107	709 337,005	709 337,078	0,043	0,145	0,072
P1-9	709301,839	709301,838	709301,836	709301,833	709301,827	709301,824	709301,828	709301,832	709 301,780	709 301,696	709 301,759	0,052	0,136	0,073
P1-10	709335,398	709335,402	709335,4	709335,397	709335,393	709335,387	709335,392	709335,396	709 335,361	709 333,331	709 333,403	0,034	2,064	1,993
P1-11	709397,425	709397,426	709397,423	709397,426	709397,411	709397,415	709397,413	709397,420	709 397,364	709 397,300	709 397,361	0,056	0,120	0,059

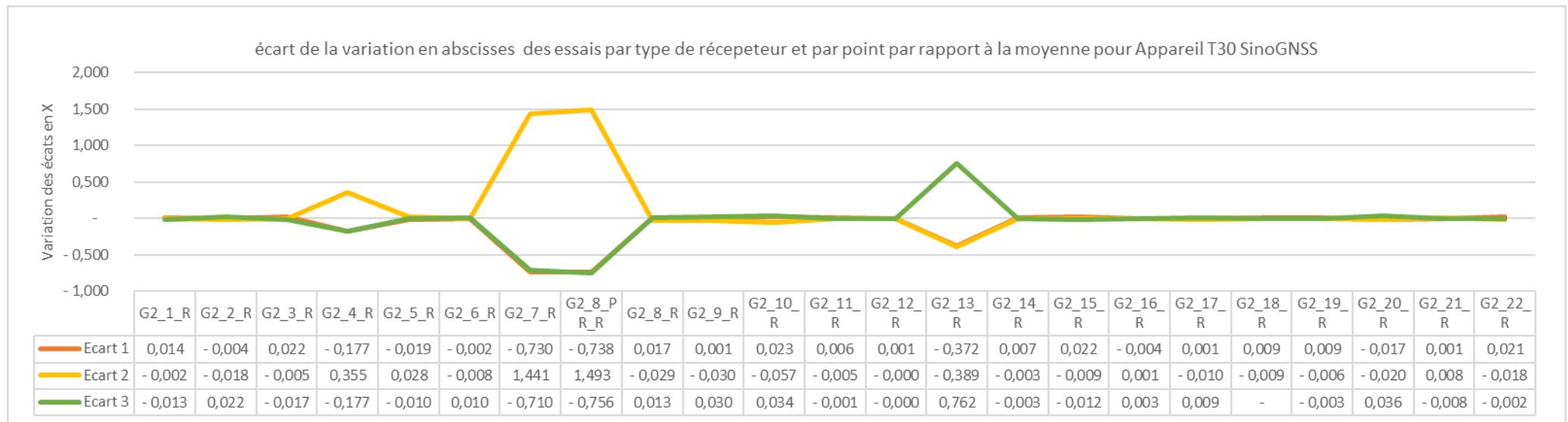
CHAPITRE V : DISCUSSIONS

CHAPITRE 5 : DISCUSSIONS

La précision, la fidélité et l'exactitude de l'instrument ayant servi à la collecte des données en géodésie représentent ce qui caractérise leurs qualités. Néanmoins quel qu'en soient les précautions prises par l'opérateur, une mesure est toujours entachée d'une certaine erreur. Les questions relatives aux précisions des opérations planimétrique et altimétrique soulèvent donc entre autres questions, celle de l'appareil et des méthodes utilisées d'une part et celle de l'environnement dans lequel les observations ont été faites sans oublier la destination des mesures effectuées, d'autre part.

Ces appareils qui sont conçus pour obtenir rapidité, précision et sécurité des opérations et résultats tel que le récepteur GPS/GNSS rassurent tous les utilisateurs. Mais les résultats inspirant une telle confiance aux techniciens nécessitent un temps considérablement important pour les déterminations si bien que ces derniers ignorent que certaines conditions et certains environnements ne sont pas indiqués pour leur utilisation.

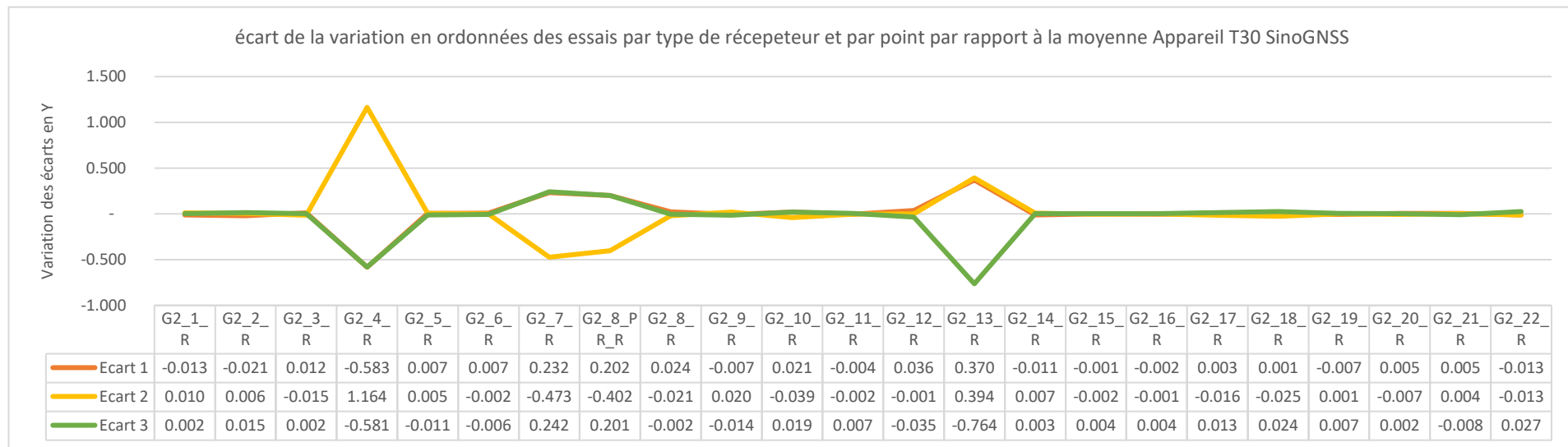
PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS



Graphique n°1 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil T30 Sino GNSS

A travers le graphique n°1, on constate que les allures des courbes de G2_1 au G2_3, G2_5 au G2_6, G2_8 au G2_12 et G2_14 au G2_22 sont sensiblement confondues voire identiques. Il est à noter que l'écart 1 en marron est de 7h à 10h30, l'écart 2 en jaune est de 12h à 15h et l'écart 3 en vert est de 16h30 à 19h. Au point G2_4, la matinée et le soir se confondent en moins et en écart positif à midi. Entre l'intervalle G2_6 au G2_8 même analyse au point G2_4. Au point G2_13, l'écart 1 et 2 se croisent en moins et en écart positif le soir.

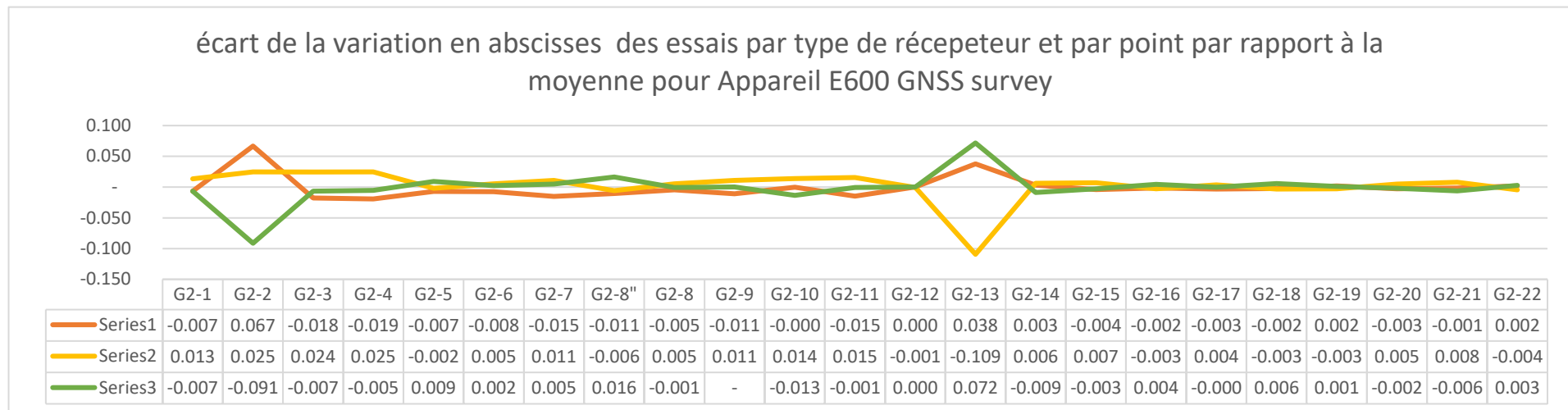
PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS



Graphique n° 2 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T30 Sino GNSS

A travers le graphique n°2, on constate que du point G2_1 au point G2_3, G2_5 au G2_6, G2_8 au G2_12 et du G2_14 au G2_22, les écarts sont presque identiques. Au point G2_4, les écarts en matinée et en soirée se sont fusionnés négativement et l'écart 2 celui de midi croit positivement. De G2_6 au G2_8, l'écart 1 et 3 se superposent en plus et en moins pour l'écart 2 celui de midi. Au point G2_13, l'écart 1 et 2 sont positifs et superposés en variation mais l'écart 3 décroît négativement par rapport à la normale.

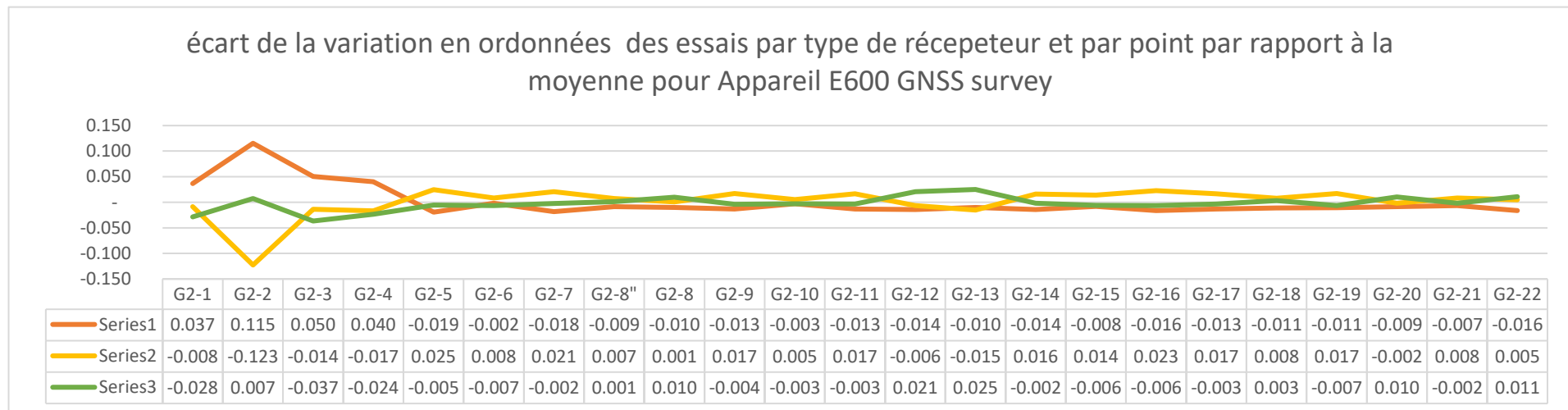
**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**



Graphique n°3 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil E600 GNSS Survey

A travers le graphique n°3, on constate que l'allure des écarts ne présentent pas une bonne interprétation qu'on peut donner par rapport aux résultats affichés.

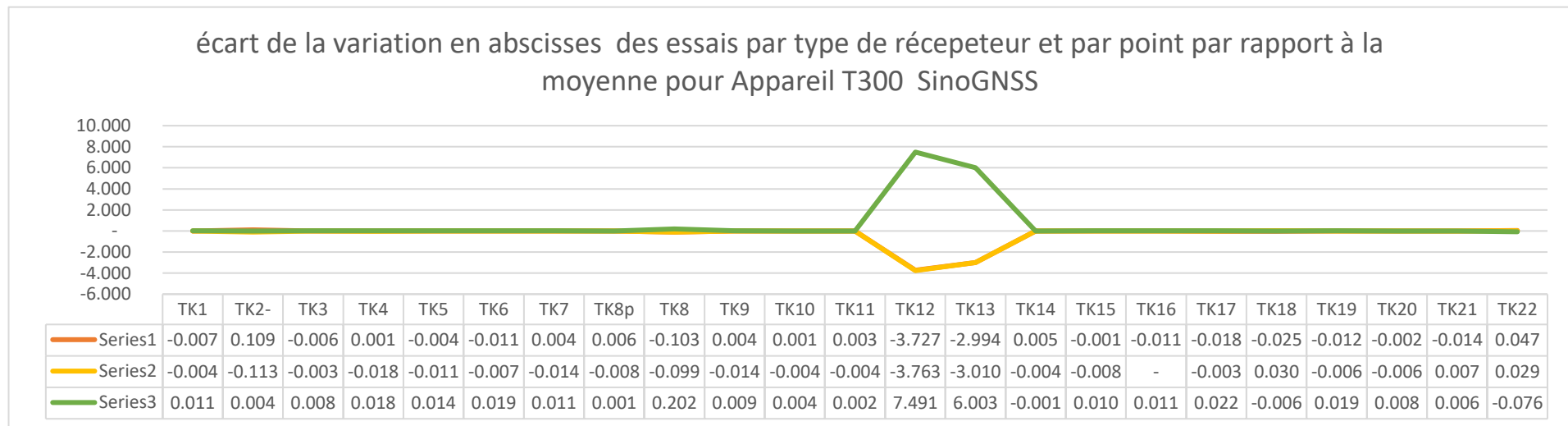
PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS



Graphique n°4 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil E600 GNSS Survey

A travers le graphique n°4, on constate que les résultats des écarts des ordonnées de cet appareil sont satisfaisants dans la moyenne mais l'interprétation des courbes ne reflète pas les résultats trouvés.

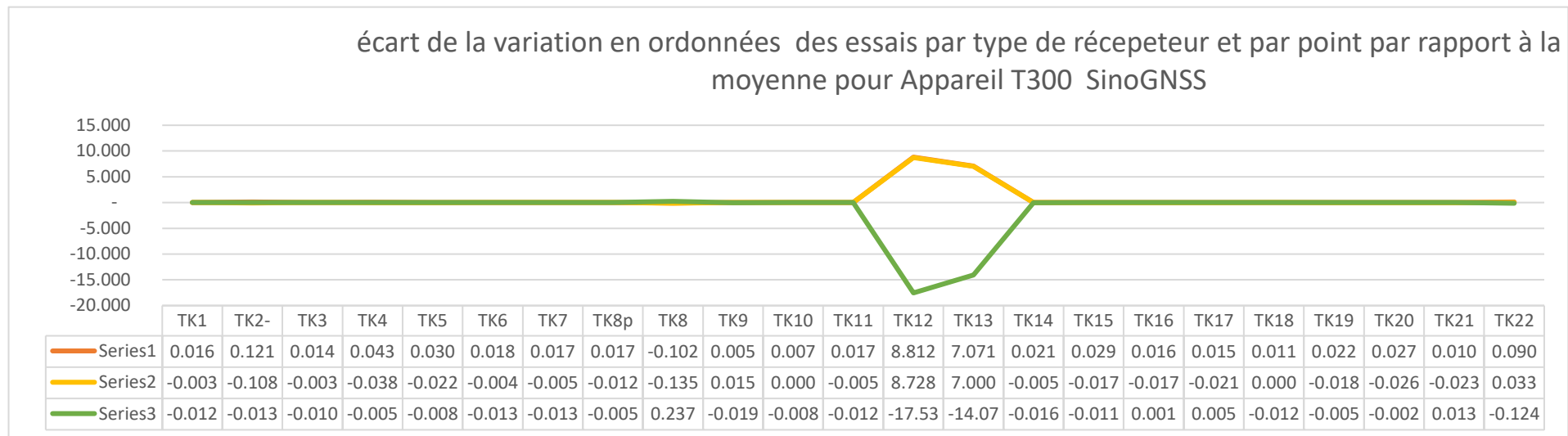
**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**



Graphique n°5 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil T300 Sino GNSS

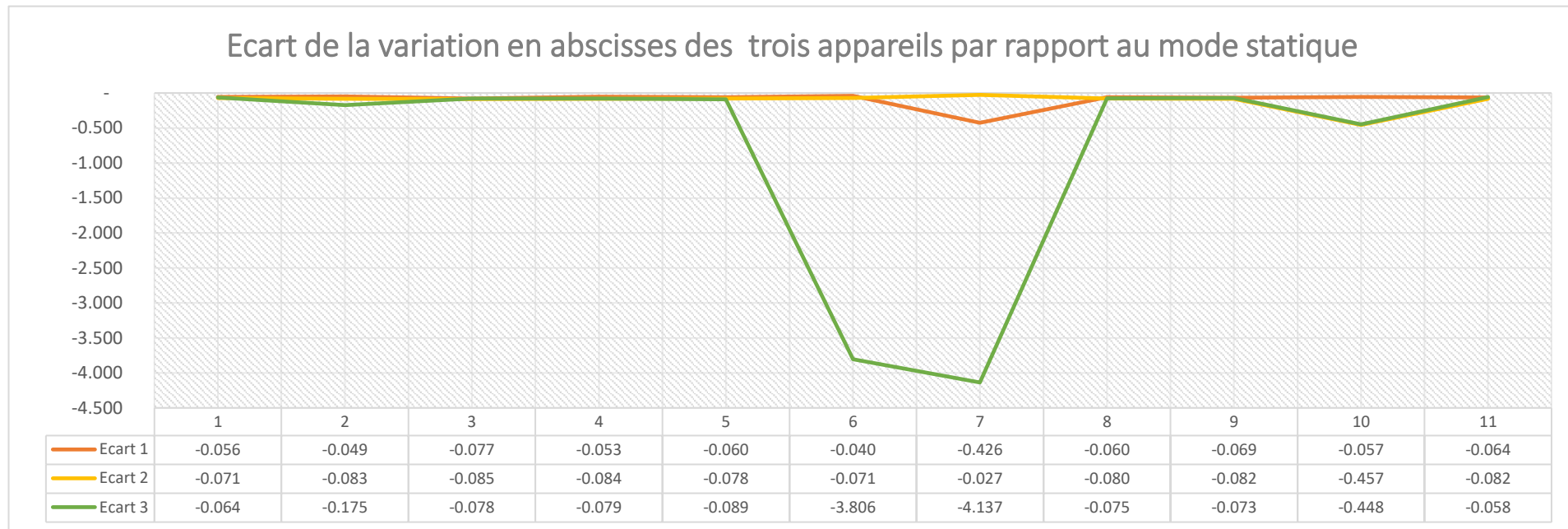
A travers ce graphique n°5, l'appareil T300 SinoGNSS présente un résultat très satisfaisant en abscisses car c'est seulement sur l'intervalle TK12 à TK13 que les écarts 1 et 2 ont une quantité importante négative et l'écart 3 un taux positif en élévation.

PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS



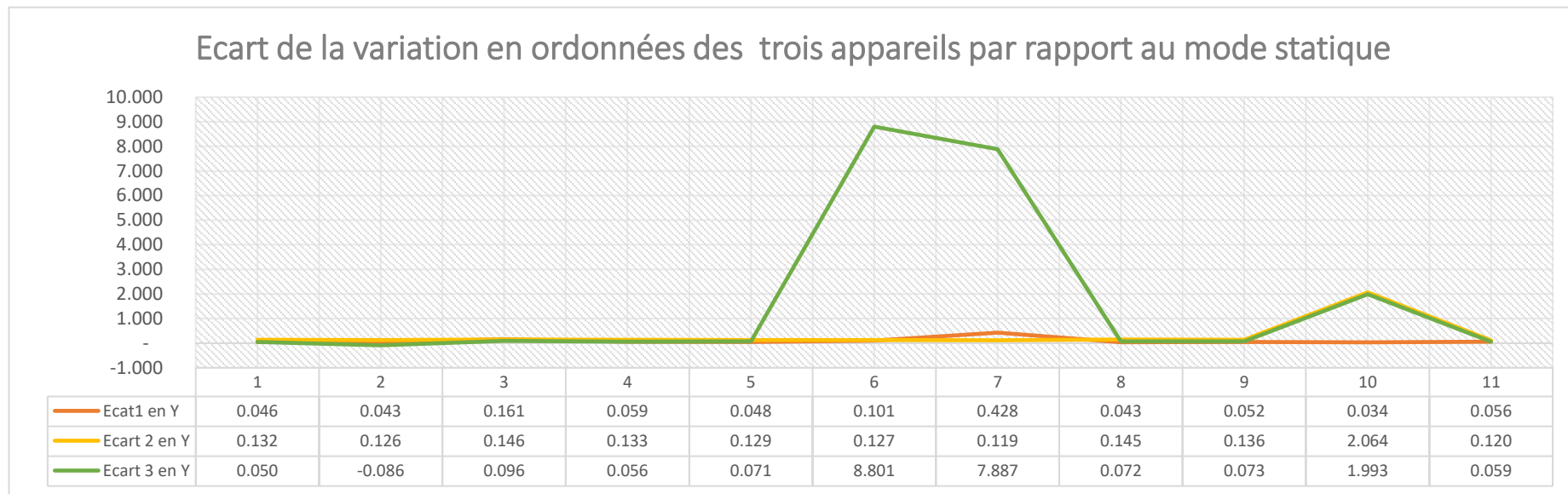
Graphique n°6 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil T300 Sino GNSS

Pour ce qui est du graphique n°6, nous pouvons dire exactement les mêmes choses que le graphique 5 et que les écarts sont d'ordre satisfaisant presque sur tous les points sauf les points TK12 et TK13 qui sont accolés à la forêt classée de l'UAC et dont les écarts sont carrément hors tolérance.



Graphique N°7 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des trois appareils par rapport au mode statique sur onze points sur les vingt-deux.

Le graphique 7 vient affirmer et confirmer que c'est toujours aux memes points que le problème persiste car les 6 et 7 correspondent respectueusement sur le terrain aux G2_12 et G2_13



Graphique N°8 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des trois appareils par rapport au mode statique sur onze points sur les vingt-deux.

Pour ne plus répéter les mêmes choses du graphique 7, signalons que c'est la même interprétation sur les mêmes points.

A la lumière des écarts obtenus pour chaque type d'appareil utilisé, il ressort que les observations faites aux récepteurs GNSS/GPS T300 Sino GNSS et celles avec T30 Sino GNSS sont plus proches en termes de précision de données planimétriques que celles du récepteur GNSS/GPS E600 GNSS Survey. Sur les 22 points observés, les tableaux présentant les coordonnées X, Y, Z ainsi les écarts indiquent que les coordonnées X et Y de 11 points voire 12 présentent de légers écarts. Néanmoins une proximité est perceptible dans la précision de deux appareils dont les valeurs sont avoisinantes. Toutefois, il est à remarquer que la précision de deux appareils est plus voisine que celle du troisième. Et le mode statique vient confirmer les points sur lesquels il y a eu de perturbations des signaux ce qui a entraîné un manque de précision sur ses derniers.

CONCLUSION

D'abord, A la lumière des écarts obtenus pour chaque type d'appareil utilisé, il ressort que les observations faites aux récepteurs GNSS/GPS T300 Sino GNSS et celles avec T30 Sino GNSS sont plus proches en termes de précision de données planimétriques que celles du récepteur GNSS/GPS E600 GNSS Survey. Sur les 22 points observés, les tableaux présentant les coordonnées X, Y, Z ainsi les écarts indiquent que les coordonnées X et Y de 11 points voire 12 présentent de légers écarts. Néanmoins une proximité est perceptible dans la précision de deux appareils dont les valeurs sont avoisinantes. Toutefois, il est à remarquer que la précision de deux appareils est plus voisine que celle du troisième. Et le mode statique vient confirmer les points sur lesquels il y a eu de perturbations des signaux ce qui a entraîné un manque de précision sur ses derniers.

Ensuite, l'utilisation de ces appareils modernes est conditionnée par l'influence de la tranche horaire de l'opération, la matinée étant la meilleure période d'observation dans la journée d'après les résultats trouvés, la densité des arbres, les points qui sont à côté d'une forte végétation et la densité des constructions dans la zone d'étude ont empêché de capter des signaux.

C'est le résultat de notre étude sur la problématique des résultats des observations GNSS : modes cinématique et statique

Au cas où on ne travaille pas dans la matinée, nous suggérons :

- ❖ De multiplier les observations (en mode cinématique) ;
- ❖ Augmenter le temps d'observation (en mode statique)

Enfin, comme perspective, nous promettons continuer la recherche avec d'autres marques d'appareils comme Trimble, Leica et Stonex.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Benoît L., 2016. Positionnement GPS précis et en temps-réel dans le contexte de réseaux de capteurs sans fil type Geocube : application à des objets géophysiques de taille kilométrique. Thèse de Doctorat. Docteur de l'École Normale Supérieure. 136 p.

Chouaer M. A., 2017. Utilisation du positionnement relatif temporel GNSS pour l'auscultation topographique et la mesure des vagues. Mémoire de maîtrise. Université de Laval, Quebec, Canada. 117 p.

Duquenne F., Botton S., Peyret F., Bétaille D., Willis P., 2005. Localisation et navigation par satellites. Edition Hermès lavoisier, 2 édition revue et augmentée, ISBN : 2-7462-1090-8, 330 p.

Durand S., 2003. Amélioration de la précision de la localisation différentielle temps réel par mesure de phase des systèmes GNSS: étude détaillée des équations d'observation et du problème de résolution des ambiguïtés entières. Thèse de doctorat. Paris ; 249 p.

EL AyachI M., Stifa M., 2010. Etude des Potentialités du DGPS en Temps Réel avec Solution Omnistar pour des Fins de Géo-localisation. 20p.

Georges G., 2018. Algorithmes de calcul de positions GNSS basés sur les méthodes des moindres carrés avancées. Thèse de doctorat. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard. 135 p.

Kouame Y. P., 2011. Problématique des aménagements fonciers à Yamoussoukro dans le cadre du transfert de la capitale. Etat des lieux et proposition de solutions durables (mémoire en ligne).

Lahaye R., Ladet S., 2014. Les réseaux de correction différentielle. Le Cahier des Techniques de l'INRA, n° spécial GéoExpé pp. 36-43.

Viandier N., 2012. Modélisation et utilisation des erreurs de pseudodistances GNSS en environnement transport pour l'amélioration des performances de localisation. Thèse de doctorat unique. Université Lille Nord de France. 192 p.

WAAS, 2010. Federal Aviation: Administration, http://www.faa.gov/about/office_org/headquartersoffices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/, 2010.

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE 1 : Quelques points scellés



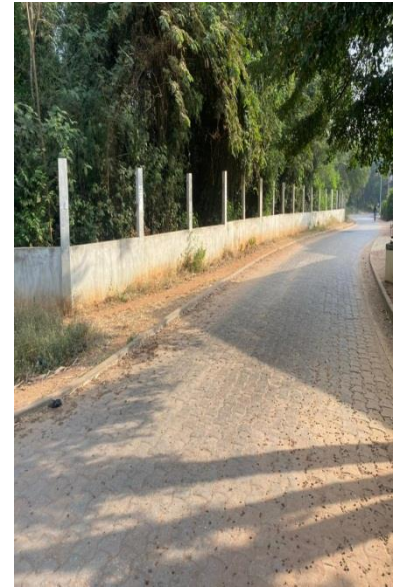
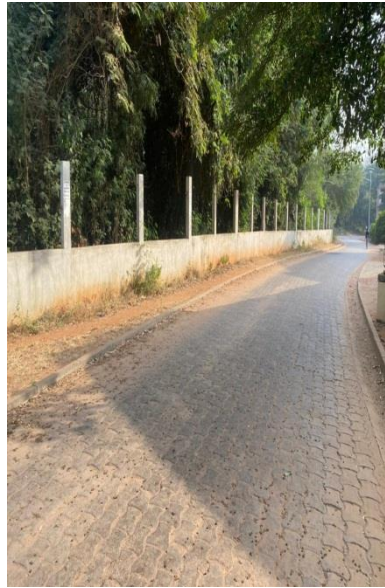
Photos N°10 & 11 & 12 : Points scellés G2_22, G2_2 et G2_16
Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Juillet 2022



Photos N°13 & 14 & 15 : Points scellés G2_17, EPAC_2 et G2_8
Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Juillet 2022

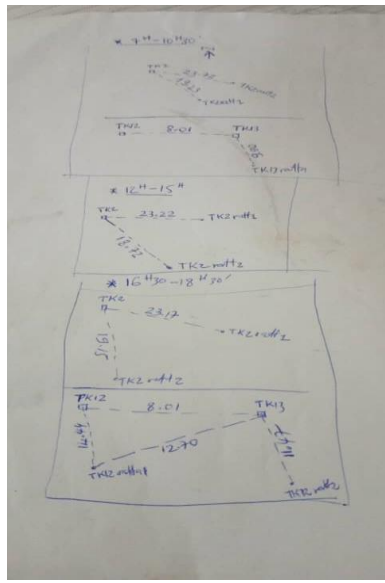
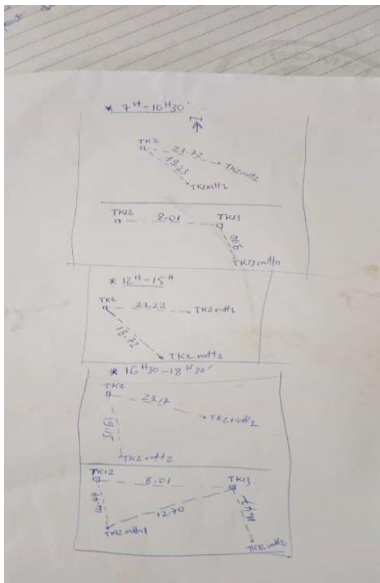
ANNEXE 2 : Perturbations des signaux

PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES SUR LES MEMES POINTS



Photos N°16 & 17 & 18 : Vue montrant la forêt classée de l'UAC dont se trouve les points G2_12 et G2_13

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Janvier 2023



Photos N°19 & 20 & 21 : Croquis de certains points rattachés liés à la perte des signaux.

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Février 2022

ANNEXE 3 : Vues liées au calage et au démarriage des travaux.



Photos N°24 & 25 : Le rattachement et la prise en compte des points dans le système

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Février 2022



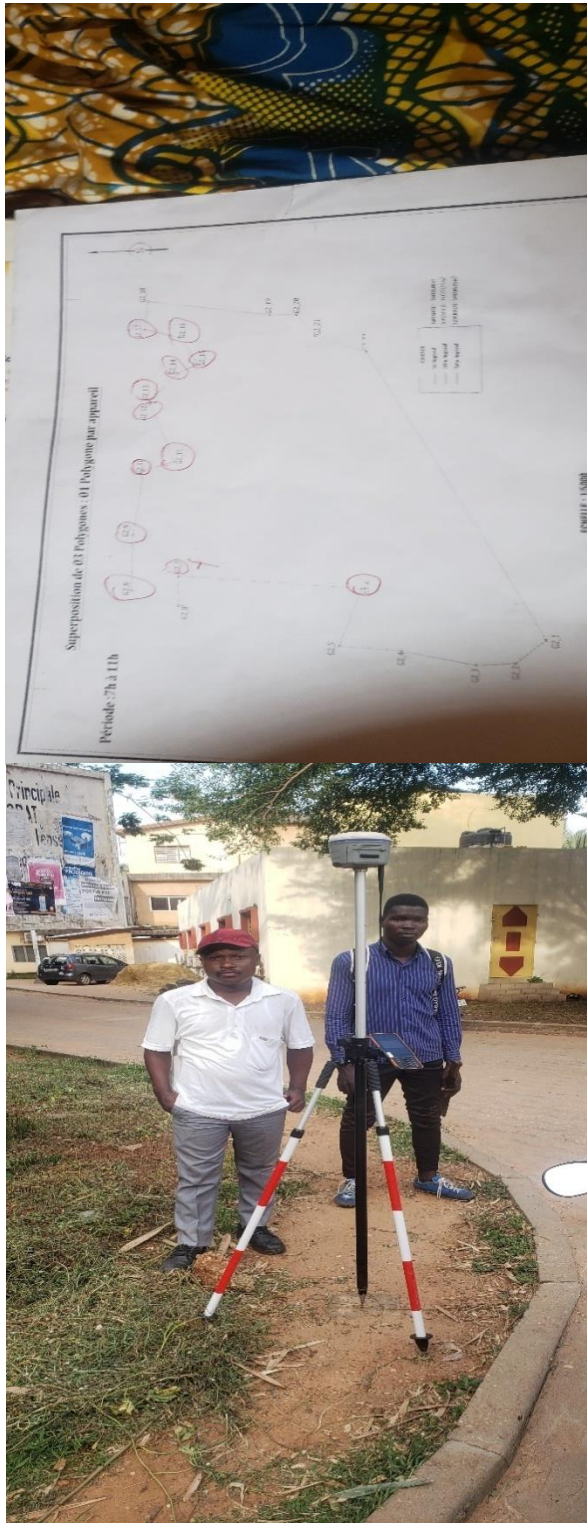
Photos N°22 & 23 : Vues montrant la vérification du Bluetooth ainsi le démarrage des travaux

Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, Février 2022

ANNEXE 4 : Vues liées aux travaux en mode statique



Photos N°26 & 27 : Vues montrant l'installation de la canne en mi-journée et la nuit
Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, juillet 2023



Photos N°28 & 29 : Vues montrant le croquis des 11 points choisis et G2_11 en...
Source : ADJIBOYE Kayodé Sylvestre, juillet 2023

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE.....	i
DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
SIGLES ET ACRONYMES	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES PHOTOS	viii
LISTE DES GRAPHIQUES	ix
RESUME	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE.....	3
1.1 : Contexte, justification et problématique.....	4
1.2 : Objectifs.....	6
1.2.1 : Objectif global.....	6
1.2.1.1 : Objectifs spécifiques	6
Tableau : Caractéristiques des ellipsoïdes WGS84 et GRS80	9
CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE.....	11
2.1 : Situation géographique du secteur d'étude	11
Figure n°1 : Carte de situation géographique et administrative de la commune d'Abomey-Calavi.....	13
2.2 : Caractéristique biophysique	13
Figure n°3 : Evolution des hauteurs de pluies de 1985 à 2015	13
2.2.2 : Pédologie.....	14
Figure n°4 : Carte pédologique de la commune d'Abomey-Calavi	15
Figure n°5 : Evolution de la population entre 1979 et 2013.....	16
2.3.1 : Données socio-économiques	17
Figure n°6 : Illustration du positionnement par GPS	19
2.4.2.2 : Le positionnement Statique.....	20
2.4.2.3 : Le positionnement cinématique temps-réel suivant la méthode “RTK..	20

2.4.3 : Les sources d'erreurs	20
2.5 : Cadres de référence	22
<i>Figure N° :7 Carte des réseaux géodésiques de 1^{er} ordre et de nivellement du Bénin</i>	24
<i>Figure N°8: Carte des réseaux géodésiques de 2^e ordre et de du Bénin</i>	26
<i>Photos N°1 & 2 : Vue montrant deux bornes géodésiques dont celle à gauche du 1^{er} ordre et celle à droite de 2eme Ordre</i>	27
2.5.1.3 : Le Réseau des Stations Permanentes du Bénin (RSPB)	27
Figure n°9 : Sept stations permanentes du réseau CORS-GNSS du Bénin.	29
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES	30
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES	30
3.1 : Matériels.....	31
<i>Photos N° 3 & 4 : Vue montrant l'installation de la base et l'antenne (radio) de T30 Sino GNSS</i>	32
3.1.2 : Appareil E600 GNSS Survey	32
<i>Photos N°5 & 6 : Vue montrant base fixe ainsi que l'antenne</i>	33
<i>Photo N°7 : Vue de la base E600</i>	33
<i>Photo N°8 : Vue montrant le Rover T300</i>	35
<i>Photo N°9 : Vue montrant l'installation de la base</i>	35
3.2 : Présentation des instruments secondaires et des logiciels	35
3.2.2 : Programmes et logiciels	38
3.3.1.1 : Recherche documentaire	45
Tableau n°1 : Centres de documentation visité	45
3.3.1.2 : Méthode utilisée pour atteindre l'objectif spécifique 1	45
3.3.1.3 : Méthode utilisée pour atteindre l'objectif spécifique 2.....	47
3.3.1.4 : Méthode utilisée pour atteindre l'objectif spécifique 3.....	47
CHAPITRE IV : RESULTATS	48
❖ Résultats obtenus pour l'objectif spécifique 1	49
❖ Résultats obtenus pour l'objectif spécifique 2	49
❖ Résultats obtenus pour l'objectif spécifique 3	49
4.1 : Présentation des données issues des différents appareils.....	50
4.1.1 : Les tableaux relatifs aux résultats obtenus pour l'objectif spécifique 3	50
Tableau n°2 : Tranche d'heure 07h_11h	51

Tableau n°3 : Tranche d'heure 12h_15h.....	52
Tableau n°4 : Tranche d'heure 16h_19h.....	53
Tableau n°5 : Moyenne par période sur les 3 appareils	54
Tableau n°6 : Moyenne sur chaque Récepteur.....	55
Tableau n°7 : Moyenne par période sur les 3 appareils.....	59
Tableau n°14 : Les coordonnées en mode statique des onze points au cours d'une semaine.	61
4.1.2 : Les tableaux relatifs aux résultats obtenus pour l'objectif spécifique 1 62	
4.1.3 Tableau n°8 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T30 Sino GNSS	62
Tableau n°9 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T30 Sino GNSS	63
Tableau n°10 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil E600 GNSS Survey	64
Tableau n°11 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil E600 GNSS Survey	65
Tableau n°12 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T300 Sino GNSS	66
Tableau n°13 : Ecart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T300 Sino GNSS	67
Tableau n°15 : Ecart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne générale en mode statique	69
CHAPITRE V : DISCUSSIONS	70
CHAPITRE V : DISCUSSIONS	70
Graphique n°1 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil T30 Sino GNSS	72
Graphique n° 2 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne Appareil T30 Sino GNSS	73
Graphique n°3 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil E600 GNSS Survey	74
Graphique n°4 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil E600 GNSS Survey	75
Graphique n°5 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil T300 Sino GNSS	76

Graphique n°6 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des essais par type de récepteur et par point par rapport à la moyenne pour Appareil T300 Sino GNSS.....	77
Graphique N°7 : Montrant l'écart de la variation en abscisses des trois appareils par rapport au mode statique sur onze points sur les vingt-deux.....	78
Graphique N°8 : Montrant l'écart de la variation en ordonnées des trois appareils par rapport au mode statique sur onze points sur les vingt-deux.....	79
CONCLUSION	81
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	82
ANNEXES	83
ANNEXES	83
<i>Photos N°10 & 11 & 12 : Points scellés G2_22, G2_2 et G2_16.....</i>	85
<i>Photos N°13 & 14 & 15 : Points scellés G2_17, EPAC_2 et G2_8</i>	85
<i>Photos N°16 & 17 & 18 : Vue montrant la forêt classée de l'UAC dont se trouve les points G2_12 et G2_13</i>	87
<i>Photos N°19 & 20 & 21 : Croquis de certains points rattachés liés à la perte des signaux.</i>	87
<i>Photos N°22 & 23 : Vues montrant la vérification du Bluetooth ainsi le démarrage des travaux</i>	89
<i>Photos N°24 & 25 : Le rattachement et la prise en compte des points dans le système</i>	89
<i>Photos N°26 & 27 : Vues montrant l'installation de la canne en mi-journée et la nuit</i>	91
<i>Photos N°28 & 29 : Vues montrant le croquis des 11 points choisis et G2_11 en...</i>	92
TABLE DES MATIERES.....	93

**PRECISION DES OBSERVATIONS GPS/GNSS DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE : CAS DES OBSERVATIONS FAITES A DES PERIODES DONNEES
SUR LES MEMES POINTS**
