

**ETABLISSEMENT (FACULTE, ECOLE, INSTITUT)**

**DEPARTEMENT/FILIERE**

Année Universitaire

***Mémoire N°…………………/***

**Gestion Interactive et Optimale des Infrastructures et Équipements Socioprofessionnels de l'Université de Lomé : Automatisation des Tâches par une Application Géospatiale**

Pour l’obtention du Master en

Domaine :

Mention :

***Spécialité:***

Présenté par

**SAGUINTAAH Dira-Bariga,**

**Soutenu Publiquement, Le XXX /mois /année**

**Composition du Jury de soutenance**

**Président du jury** : Nom et prénoms, grade universitaire

**Examinateurs /juges**: Nom et prénoms, grade universitaire

**Directeur de mémoire** Nom et prénoms, grade universitaire

**Co directeur de Mémoire :**  Nom et prénoms, grade universitaire

**PRELIMINAIRES**

* SOMMAIRE
* SIGLES ET ACRONYMES
* DEDICACE
* REMERCIEMENTS
* RESUME
* ABSTRACT

**INTRODUCTION GENERALE**

Limitée au nord par la rue nommée avenue R.P.T, au sud par le quartier Tokoin Doumasséssé, à l'est par le Boulevard Eyadema, à l'ouest par une rue non dénommé et d’une superficie de 300 hectares environ, l'histoire de l'Université de Lomé est une grande aventure marquée par quatre périodes essentielles. 1965, l'ancien Dahomey et le Togo se partageaient un institut supérieur nommée Institut Supérieur du Bénin (ISB) dont la section scientifique se situait au Dahomey et la section littéraire à Lomé (Togo). Le désir des autorités togolaises de doter leur pays d'un établissement supérieur autonome qui répond aux ambitions nationales a motivé la création, en 1970, de l'Université du Bénin. L'appellation ‘Université du Bénin’ est modifiée par décret N° 2001-024/PR du 09 mars 2001. L'Université du Bénin devient alors Université de Lomé (UL) (site officiel UL). L'efficace gestion des infrastructures et équipements socioprofessionnels universitaires constitue un défi majeur pour les institutions académiques en quête d'une meilleure utilisation de leur ressource. La diversité des installations, la croissance de l'institution et les contraintes budgétaires imposent des décisions stratégiques éclairées pour optimiser l'utilisation de l'espace. L'Université de Lomé, en tant qu'établissement d'enseignement supérieur de premier plan, n'échappe pas à cette réalité. Afin de relever ce défi, il est impératif de recourir à des technologies de pointe qui se proposent utile pour améliorer la prise de décisions et la gestion des ressources disponible.

La croissance constante de l'Université de Lomé se traduit par une diversité croissante d'éléments constituant son environnement. Ces éléments, qu'ils soient des infrastructures, des équipements socioprofessionnels, ou d'autres entités, sont tous localisables (Patricia Bordin 2002) cité par (Youbi othmane 2019), descriptibles et porteurs d'informations importantes. Pour garantir une gestion efficace de l'espace universitaire et prendre des décisions éclairées, il devient nécessaire de numériser ces objets, créant ainsi une représentation numérique complète du campus. Comme le souligne le dicton, "celui qui détient les données détient le pouvoir", la maîtrise de ces données géoréférencées devient un enjeu central pour gouverner et décider stratégiquement au sein de l'Université de Lomé. L'introduction des systèmes d'information géographique (SIG) et d'automatisation devient alors cruciale pour exploiter pleinement ces données (Youbi othmane 2019), facilitant la prise de décisions informées et la gestion optimale des ressources disponibles.

Au fil des années, les systèmes d'information géographique (SIG) ont émergé comme des outils essentiels dans divers secteurs, notamment la gestion territoriale et patrimoniale (Yalew et al, 2016) cité par (Manel alayet 2022). Ces technologies ont infirmé leur position en tant que solutions performantes, facilitant la cartographie, l'analyse spatiale et la prise de décision dans des contextes variés. Que ce soit pour la planification urbaine, la préservation du patrimoine ou la gestion des ressources naturelles, les SIG offrent une approche sophistiquée et efficace pour comprendre et optimiser l'utilisation du territoire par conséquent l’application de ses outils SIG à l’université de Lomé sera un chemin vers un campus digital, intelligent (smart campus), un campus de référence dans la sous-région ouest-africain voire au-delàs. La convergence de la géographie et de l'informatique donne naissance à la géomatique, une discipline au cœur de cette recherche qui vise à fusionner l'information géographique avec l'informatique. Bien que cette approche ne soit pas nouvelle, elle représente une évolution significative dans la manière de concevoir les Systèmes d'Information Géographique (SIG). Ces dernières années, le SIG web a suscité un intérêt croissant, comme en témoignent les nombreuses études, dont celle de Manel Alayet (2022). L'Université de Lomé bénéficie de l'accès à Internet haut débit, permettant l'utilisation d'outils cartographiques puissants, interactifs. La présence du personnel, notamment le Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géo-informatique (LTAG) et le Centre Informatique et de Calculs (CIC), renforce les capacités de collaboration sur le projet smart campus. Le SIG web offre la possibilité de navigation, de localisation et de visualisation de lieux préalablement non maîtrisés. Cette avancée, rendue possible grâce aux bases de données et a l’internet, revêt une importance particulière pour l'Université de Lomé qui est dotée d'un vaste territoire et d'une diversité d'infrastructures difficiles à indexer par les étudiants et le personnel administratif. La mise en place d'un SIG web propre à l'université offre non seulement la possibilité à chacun de se déplacer aisément grâce à son smartphone, mais également de faciliter la gestion et la prise de décisions sur le campus, transformant ainsi la manière dont l'espace universitaire est appréhendé et utilisé. Dans cette optique, l'intégration des technologies géospatiales à travers une plateforme interactive pourrait constituer une approche novatrice et pertinente. Cette recherche vise à développer une plateforme géospatiale interactive dédiée à la gestion des infrastructures universitaires à l'Université de Lomé. Cette plateforme sera conçue pour collecter, stocker, analyser et visualiser des données géospatiales présent dans l’environnement du campus universitaire. Elle offrira également des fonctionnalités d'analyse spatiale afin de faciliter la prise de décisions et la gestion proactive des infrastructures. Divisé en trois parties comme suit, cette recherche apporte sa contribution à la recherche scientifique en générale et précisément en géomatique :

Généralité au SIG suivit du cadre conceptuel, géographique et approche méthodologique et enfin les résultats et discussions.

1. PREMIERE PARTIE : GENERALITE AU SIG

# Introduction au SIG

## Concepts fondamentaux des systèmes d’informations géographiques

## Définition système d'information

## Définition système d'information géographique

## Les composantes du SIG

### Les logiciels

### Les données

### Les matériels informatiques

### Les méthodes (Les savoir-faire)

### Les utilisateurs

## Questions auxquelles peuvent répondre les systèmes d’information géographiques

## Structure d’un SIG

## Fonctionnalités d’un SIG

## Les données dans les SIG

### Les Types de données dans un SIG

#### Les Données spatiales

#### Les Données associées

### Les modes de représentation dans un SIG

#### Les Mode vecteur

#### Les Mode raster

## Domaines d’applications du SIG

# Systèmes d’informations géographiques dans le web

## Origines et évolution du SIG Web

## Présentation d'un SIG Web

## Architecture SIG Web

## Avantages des SIG Web

## Applications du SIG WEB

# Techniques de positionnement par satellites

Définition du positionnement par satellites

Historique des techniques de positionnement par satellites

Applications des techniques de positionnement par satellites

## Principes fondamentaux

### Théorie de la triangulation

### Théorie de la multilatéralison

### Théorie de la trilatération

## Technologies de positionnement par satellites

Les technologies de positionnement par satellites jouent un rôle crucial dans notre quotidien, offrant des solutions de localisation précises et fiables pour une gamme diversifiée d'applications. Ce domaine s'appuie sur les constellations de satellites en orbite autour de la Terre, tels que le GPS, le GLONASS, le Galileo et le Beidou, qui fournissent des informations géographiques essentielles utilisées dans la navigation, la cartographie, la logistique, les communications et bien d'autres domaines. Ces technologies révolutionnaires permettent une connectivité mondiale, facilitant ainsi le suivi en temps réel, la gestion des ressources et la navigation précise, contribuant ainsi de manière significative à l'efficacité et à la sécurité de nombreuses activités humaines.

### GPS

### GLONASS

### Galileo

### BeiDou

### QZSS

## Précision du positionnement par satellites

### Facteurs influençant la précision du positionnement

### Amélioration de la précision du positionnement

# Système de Projections et Systèmes de coordonnées

## Les systèmes de projection Cartographique

La transformation de la surface courbe sur un plan est connue sous le nom de projection cartographique et peut prendre des formes différentes, qui toutes engendrent des déformations d’angles, d’aires et/ou de distances. Le principal problème en cartographie est qu’il n’est pas possible de projeter ou de transformer une surface sphérique ou ellipsoïdale sur une surface plane sans générer de déformations. Les projections cartographiques sont des techniques qui permettent de représenter la surface de la Terre, ou d'une partie de celle-ci sur une surface plane. La Terre est sphérique, mais une carte est plane. Il est donc impossible de représenter la Terre de manière fidèle sur une carte. Seul un globe de forme sphérique ou ellipsoïdale convient à la restitution de toutes les caractéristiques liées à la rotondité de la Terre ou d’un corps céleste dans leurs véritables proportions (Lapaine, M., & Usery, E. L. 2014). Ceci implique qu’une projection de cette surface sur un plan déforme la réalité. En termes plus mathématiques, il n’est pas possible de construire une projection qui conserve à la fois les angles et les surfaces (Patrick SILLARD 2000). Les projections cartographiques permettent de réduire les distorsions, mais il est impossible de les supprimer complètement. Les projections cartographiques sont classées en fonction de plusieurs critères, notamment la forme de leur canevas c'est-à-dire la forme des méridiens et des parallèles, la conservation des angles, la conservation des distances ou la conservation des surfaces. Chaque projection cartographique a ses avantages et ses inconvénients. La meilleure projection pour une carte donnée dépend de l'objectif de la carte ou du projet.

### Les trois familles de projections cartographiques

Les projections cartographiques sont des techniques qui permettent de représenter la surface de la Terre, ou d'une partie de celle-ci, sur une surface plane. Il existe trois méthodes principales pour réaliser une projection cartographique :

La projection planaire consiste à projeter la sphère sur un plan, comme si on la mettait à plat. Cette méthode est la plus simple, mais elle introduit des distorsions importantes, notamment sur les distances et les surfaces.

La projection cylindrique consiste à projeter la sphère sur un cylindre, puis à dérouler ce cylindre. Cette méthode permet de réduire les distorsions sur les distances, mais elle introduit des distorsions sur les angles.

La projection conique consiste à projeter la sphère sur un cône, puis à couper ce cône. Cette méthode permet de réduire les distorsions sur les angles, mais elle introduit des distorsions sur les distances et les surfaces. Le choix d'une projection cartographique dépend de l'objectif de la carte. Par exemple, si la carte est destinée à représenter des distances avec précision, il est préférable d'utiliser une projection cylindrique. Si la carte est destinée à représenter des angles avec précision, il est préférable d'utiliser une projection conique.

### Projection conservant les angles

Les projections conservant les angles, ou projections conformes, sont des projections cartographiques qui conservent les angles entre deux points sur la surface de la Terre. Cela signifie que si deux points sont à un angle de 90 degrés sur la Terre, ils le seront également sur la carte. Les projections conservant les angles sont utilisées pour des cartes qui nécessitent une représentation précise des formes et des directions. Par exemple, elles sont utilisées pour les cartes routières, les cartes marines et les cartes astronomiques. Cela signifie que si deux routes se croisent à un certain angle sur la surface terrestre, la carte représentera ces routes de manière à maintenir cet angle. Il existe plusieurs types de projections conservant les angles. Les plus courantes sont les projections coniques et les projections cylindriques. Les projections coniques sont réalisées en projetant la surface de la Terre sur un cône. Les angles sont conservés le long des lignes de longitude qui passent par le sommet du cône. Les projections cylindriques sont réalisées en projetant la surface de la Terre sur un cylindre. Les angles sont conservés le long des méridiens.

### Projection conservant les distances

La projection conservant les distances, également connue sous le nom d'isométrique ou équivalente, est une catégorie de techniques cartographiques qui vise à préserver les distances entre les points géographiques sur la surface terrestre lors de leur représentation sur une carte plane. Contrairement aux autres projections qui peuvent déformer les distances en faveur de la représentation des formes et des angles, les projections conservant les distances s'efforcent de maintenir une précision constante dans les mesures linéaires. Cela les rend particulièrement utiles dans des contextes où une évaluation précise des distances est cruciale, tels que la navigation maritime ou la planification d'itinéraires terrestres. Bien que cette catégorie de projections offre une précision remarquable en termes de distances, elle peut entraîner des distorsions au niveau des formes et des angles.

### Projections respectant les surfaces

Les projections respectant les surfaces constituent une catégorie spécifique de techniques cartographiques qui mettent l'accent sur la préservation des proportions relatives des surfaces géographiques. Cette méthode s'efforce de maintenir la fidélité des surfaces. L'objectif est de reproduire sur la carte les proportions exactes des différentes zones présentes sur la surface terrestre d'origine. Cela se révèle utile dans des contextes où la comparaison précise des superficies est nécessaire, comme dans l'analyse démographique ou l'étude de l'utilisation des terres. Toutefois, il est important de reconnaître que le respect des surfaces entraine généralement des distorsions dans d'autres aspects de la carte, tels que les formes ou les angles. Ainsi donc, le choix d'une projection respectant les surfaces dépendra des besoins spécifiques de la cartographie et des compromis acceptables selon le contexte d'utilisation.

## Le système de coordonnées

### Système de Coordonnées de Référence (SCR)

Les Systèmes de Coordonnées de Référence (SCR) constituent une méthode essentielle pour la spécification précise de chaque point sur la surface terrestre à l'aide d'un ensemble de trois nombres, communément appelés coordonnées. Ces coordonnées permettent de localiser de manière unique un point géographique donné. Les SCR se déclinent généralement en deux catégories principales : les systèmes de coordonnées de référence projetées, également connus sous le nom de systèmes de coordonnées cartésiennes ou rectangulaires, et les systèmes de coordonnées de référence géographique. Les SCR projetés sont particulièrement adaptés à la représentation cartographique plane, utilisant des coordonnées x, y pour définir la position d'un point. En revanche, les SCR géographiques utilisent des coordonnées angulaires, comme la latitude et la longitude, pour spécifier la position d'un point sur la surface curviligne de la Terre. Ce système offre une flexibilité permettant de choisir le SCR le mieux adapté à l'objectif spécifique de la cartographie ou de la navigation.

### Systèmes de Coordonnées Géographiques

Les Systèmes de Coordonnées Géographiques jouent un rôle essentiel dans la localisation précise des points à la surface terrestre, en utilisant la Latitude et la Longitude exprimées en degrés, et parfois en incluant une valeur de hauteur.   
Le WGS 84, acronyme de World Geodetic System 1984, est le système de coordonnées géographiques prédominant et universellement reconnu (Randrianarison et Razafindrabe 2005). Adopté à l'échelle mondiale, il fournit un modèle de référence commun pour définir les positions sur la Terre en utilisant la latitude, la longitude et parfois la hauteur. Les lignes de latitude, parcourant la Terre de manière parallèle à l'équateur, la subdivisent en 180 sections égales du Nord au Sud ou du Sud au Nord. L'équateur sert de référence pour la latitude, avec chaque hémisphère divisé en quatre-vingt-dix sections représentant un degré de latitude. Dans l'hémisphère nord, les degrés de latitude augmentent de zéro à quatre-vingt-dix en direction du pôle nord, tandis que dans l'hémisphère sud, ils sont mesurés de zéro à -90° en direction du pôle sud, simplifiant ainsi la numérisation des cartes. Les lignes de longitude, perpendiculaires à l'équateur et convergentes vers les pôles, ne suivent pas une norme uniforme. Le méridien de référence s'étend du pôle nord au pôle sud par le biais de Greenwich, en Angleterre. Chaque méridien est mesuré en degrés de zéro à 180 vers l'est et de zéro à -180 vers l'ouest, formant un réseau complet autour de la planète. Les méridiens se rejoignent aux pôles, créant ainsi une grille coordonnée qui permet de localiser précisément n'importe quel point sur la Terre. Cette grille de longitude est essentielle pour la navigation, la cartographie et la représentation précise des positions géographiques, offrant un système de référence global pour situer des lieux avec une précision angulaire sur notre planète sphérique.

### Système de Coordonnées de Référence Projeté

Un Système de Coordonnées de Référence Projeté est couramment établi à deux dimensions à travers la définition de deux axes qui s'intersectent à angle droit, formant ainsi un plan XY. L'axe horizontal est généralement identifié comme l'axe X, tandis que l'axe vertical est désigné comme l'axe Y. Dans le cadre d'un système de coordonnées de référence à trois dimensions, un troisième axe, typiquement désigné Z, est ajouté. L'axe Z est également disposé à angle droit par rapport aux axes X et Y, apportant ainsi une composante tridimensionnelle, notamment en termes de hauteur. Ce modèle tridimensionnel permet de décrire avec précision la position d'un point dans l'espace géographique, ce qui s'avère particulièrement important dans des domaines tels que la cartographie tridimensionnelle, la modélisation du relief où la dimension verticale est essentielle pour une représentation complète de la réalité géographique (Randrianarison et Razafindrabe 2005).

### Transverse Universelle de Mercator (UTM)

Le Systèàme de Coordonnées de Transverse Universelle de Mercator (UTM) représente un système cartographique mondial largement utilisé pour la représentation géographique à l'échelle mondiale. Conçu pour minimiser les distorsions cartographiques, le monde est subdivisé en 60 zones égales, chacune couvrant 6 degrés en longitude d'est en ouest. La projection Universelle Transverse de Mercator (UTM) est une projection Transverse de Mercator de l'ellipsoïde avec des largeurs de zone définies de 6º de longitude, un système de numérotation de zone (60 zones de 6º de largeur, la zone 1 ayant un méridien central de 177º ouest et la zone 60 un méridien central de 177º est), un facteur d'échelle du méridien central et une origine réelle des coordonnées pour chaque zone à l'intersection de l'équateur et du méridien central ko = 0,9996. Pour rendre les coordonnées positives, chaque zone possède une origine d'Est et de Nord (appelée fausse origine) située à 500 000 m à l'ouest le long de l'équateur par rapport à l'origine réelle pour l'hémisphère nord, et à 500 000 m à l'ouest et 10 000 000 m au sud de l'origine réelle pour l'hémisphère sud (Deakin, R. E. 2006). Cette subdivision en zones permet une représentation plus précise des caractéristiques géographiques à l'intérieur de chaque zone, offrant la possibilité à chaque pays de représenter fidèlement sa réalité géographique. Cette approche permet à chaque pays de choisir la zone UTM qui englobe sa totalité ou une partie significative de son territoire, facilitant ainsi la représentation précise de ses caractéristiques géographiques.

1. DEUXIEME PARTIE : CADRE CONCEPTUEL, GEOGRAPHIQUE ET APPROCHE METHODOLOGIQUE

# APPROCHE CONCEPTUELLE

## PROBLEMATIQUE

L'Université de Lomé, en tant qu'institution académique éminente, joue un rôle clé dans le développement éducatif et intellectuel de la sous-région ouest-africaine. Cependant, la gestion efficace de ses infrastructures universitaires est un défi majeur pour favoriser une utilisation optimale des ressources tout en assurant leur maintenance dans le sens du développement durable. La gestion des infrastructures universitaires à l'Université de Lomé fait face à des contraintes multiples, telles que la diversité des installations, la croissance continue de l'institution, les défis financiers et l'augmentation des demandes en matière d'efficacité et de durabilité. D’un point de vue gouvernance, les institutions ont des besoins analytiques qui augmentent qu'elles mettent en place des SIG, afin de se doter d'instruments d'aide à la décision (Crain et McDonald 1984). Les SIG ont acquis une importance considérable ces dernières années et leur utilisation touche à divers domaines. La mise en ligne des SIG en utilisant les technologies Web et Internet a renforcé cela (R. Amara, B. Bessaa et M. Belhadj Aissa, 2009) cité par (Youbi othmane 2019). Dans un environnement académique en constante évolution, il est impératif d'avoir des outils d'aide à la décision pour une gestion efficace des infrastructures. Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) fournissent une plateforme qui intègre et analyse des données spatiales. Cela permet aux décideurs de visualiser et d'évaluer les différentes options, favorisant ainsi des décisions informées et stratégiques. De cette manière, l'Université de Lomé pourrait maximiser l'utilisation de ses ressources tout en maintenant un environnement sûr et fonctionnel. Ces défis nécessitent une approche systématique et innovante pour optimiser la prise de décisions stratégiques et assurer une utilisation rationnelle des ressources disponibles. Les SIG ont permis la prise de meilleures décisions dans les politiques urbaines (Elwood 2006 : 326). Les SIG ont déjà prouvé leur efficacité dans la planification et la gestion des espaces urbains. En appliquant ces outils à l'environnement universitaire, l'Université de Lomé pourrait bénéficier de méthodologies testées et éprouvées. Ces outils ont le potentiel d'améliorer considérablement l'efficacité opérationnelle et la qualité de vie sur le campus. La question de l'effet des SIG sur la société a permis de mettre en lumière la modélisation des frontières (Starr 2002), sur la planification et la décision des politiques publiques (Lake 1993), sur la prospective territoriale (Polombo 2007). Les défis spécifiques auxquels cette recherche s'attaque comprennent la collecte, la structuration et la modélisation des données géospatiales des différentes infrastructures universitaires. En outre, la conception d'une plateforme géospatiale. L’application de la géoinformatique, de la télédétection et de la technologie web représente une opportunité pour aborder les problèmes de gestion des infrastructures universitaires de manière interdisciplinaire. Cela pourrait également servir de modèle pour d'autres institutions éducatives de la région ouest-africaine, renforçant ainsi le leadership de l'Université de Lomé en termes d’innovation. Les technologies de l'information, y compris les SIG et l'Internet, ont fourni des opportunités pour surmonter les limites des modèles informatiques en termes de préparation et de visualisation des données (Choi et al.2005 ; Khadim MBACKE, 2015). Cependant, le développement d'une plateforme géospatiale interactive adaptée aux besoins spécifiques de l'Université de Lomé nécessite une analyse approfondie des données disponible et une vision claire prédéfinie.

Face à la complexité de cette problématique, on se pose la question, comment la géomatique peut-elle contribuer à la gestion durable et intelligente des infrastructures du campus universitaire de Lomé ? De cette question naissent les questions suivantes :

En quoi la collecte et la modélisation d'une base de données géospatiale des infrastructures de l'Université de Lomé améliore-t-elle la gestion des ressources universitaires ?

Comment une plateforme web géospatiale peut-elle améliorer la prise de décision et optimiser l'utilisation de l'espace géographique universitaire ?

Dans quelle mesure l'utilisation de la plateforme géospatiale permettrait à l’autorité universitaire d'identifier rapidement les dysfonctionnements d'infrastructures et d’effectuer leur maintenance ?

## HYPOTHESE

L’hypothèse de recherche qui découle de cette problématique est que la géomatique peut être appliqué dans la gestion des infrastructures de l’université de Lomé. Celle-ci engendre trois hypothèses secondaires :

La collecte de données et la modélisation d'une base de données géospatiale des infrastructures et équipements socioprofessionnels du campus universitaire de Lomé faciliteront une gestion plus efficace et précise des ressources universitaires.

Le développement d'une plateforme web géospatiale interactive améliorera la visualisation, l’analyse de l’information géographique et la prise de décision

L'utilisation de la plateforme web permettra de se localiser, d’identifier et de résoudre plus rapidement les dysfonctionnements des infrastructures.

## OBJECTIF

L’objectif de cette recherche est de concevoir et développer une plateforme géospatiale novatrice permettant la collecte, l'analyse et la visualisation interactive de l’information géographique de l'Université de Lomé pour une gestion intelligente de ces infrastructures et équipements. Les trois objectifs ci-dessous sont issus de cet objectif principal :

Collecter les données sur les infrastructures et les équipements socioprofessionnels universitaires et créer une base de données géospatiale pour un SIG.

Concevoir et développer une plateforme Web géospatiale qui interagie avec la base de données en offrant des fonctionnalités de collecte, d’analyse et de visualisations.

Intégrer un système d’alerte pour la maintenance des infrastructures sur le campus universitaire de Lomé.

## CLARIFICATION DES CONCEPTS

*Définir et clarifier les concepts selon mon contexte*

# SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D’ETUDE

## Introduction au Cadre Géographique

L'étude de la situation géographique d'une zone est importante pour comprendre son évolution et son développement. Elle permet de mettre en évidence les facteurs naturels et humains qui ont façonné l'espace, ainsi que les relations entre la zone et son environnement. Dans le cadre de cette recherche, nous nous intéressons à la situation géographique, à l’évolution historique, évolution géographique, les caractéristique physique et humaine de l'Université de Lomé.

## Délimitation Géographique et Importance du Milieu

La zone d'étude englobant le campus de l'Université de Lomé est délimitée par des frontières géographiques clairement définies. Au nord, la rue nommée Avenue R.P.T marque la frontière, tandis que le quartier Tokoin Doumasséssé constitue la limite au sud. À l'est, le Boulevard Eyadema délimite la zone, et à l'ouest, une rue non dénommée marque la frontière.

La sélection de l'Université de Lomé comme zone d'étude repose sur plusieurs considérations stratégiques. En tant qu'institution publique d'enseignement supérieur de premier plan dans la région ouest-africaine, l'Université de Lomé offre un exemple pertinent pour l'application des technologies géospatiales dans un contexte académique. La diversité des infrastructures et des caractéristiques physiques du campus fournit une opportunité unique pour recueillir des données massives et tester l'efficacité des outils SIG dans la gestion proactive des ressources.

Cette sélection offre un terrain d'expérimentation idéal pour le développement d'une plateforme géospatiale interactive. La présence d'une ressource humaine instruite, composée d'étudiants et de personnel administratif, ainsi que l'ampleur du campus et de ses installations, sont des éléments qui influent directement sur la mise en place d'un système de gestion des ressources efficace.

L'environnement géographique de l'Université de Lomé présente des particularités notables, telles que des espaces verts, des zones résidentielles, des infrastructures sportives, des zones de restaurations, des zones d'enseignement etc. Ces caractéristiques uniques exigent une approche différenciée dans la conception et la mise en œuvre de la plateforme géospatiale. La prise en compte minutieuse de ces aspects spécifiques contribuera à une application plus précise des outils SIG dans le contexte universitaire. Les particularités géographiques de l'environnement universitaire enrichissent cette étude.

## Contexte Historique et Évolution Géographique

L'histoire de l'Université de Lomé est étroitement entrelacée avec le développement du Togo en tant que nation indépendante. Fondée en 1970 sous le nom d'Université du Bénin, elle a été rebaptisée Université de Lomé en 2001, illustrant la quête d'autonomie intellectuelle et le désir des autorités togolaises de créer une institution d'enseignement supérieur répondant aux aspirations nationales après l'indépendance du pays en 1960.

Les événements historiques, notamment l'indépendance du Togo, ont joué un rôle déterminant dans la configuration géographique actuelle de l'Université de Lomé. L'emplacement stratégique du campus, délimité par des rues majeures et intégré dans la trame urbaine, résulte de choix planifiés effectués à sa création.

L'évolution de la zone d'étude au fil des décennies a été marquée par des changements significatifs, dont la redéfinition des limites en 2015 et 2016 avec la construction d'un mur délimitant l'université. De nouveaux bâtiments, centres d'excellence, écoles spécialisées ou professionnelles ont enrichi le paysage. Des infrastructures telles que des rues bitumées, un réseau d'eau étendu, l'électrification des rues, la couverture wifi du campus, ainsi que des projets environnementaux tels que la plantation d'arbres, des espaces verts et des bassins d'orage, ont transformé le campus.

Cette évolution s'inscrit dans la dynamique du développement de l'enseignement supérieur au Togo, avec l'Université de Lomé au centre de ce pôle de connaissances. Les changements géographiques notables, tels que l'urbanisation croissante des zones avoisinantes, présentent des défis potentiels pour la gestion de l'espace universitaire. L'augmentation des activités académiques et des infrastructures contribue à une transformation continue de la géographie du campus, offrant simultanément des opportunités et des défis pour la mise en œuvre d'une plateforme géospatiale interactive. L'adaptation à ces dynamiques évolutives sera cruciale pour assurer la pertinence et l'efficacité à long terme de la plateforme dans ce contexte dynamique.

## Caractéristiques et Relations Géographiques

La topographie de l'Université de Lomé est marquée par des variations subtiles, avec des zones planes, des collines douces et des dénivelés modérés. Le campus est bien intégré dans le tissu urbain, offrant une diversité de terrains propices à différentes activités.

Le climat dans la région de Lomé est de type tropical avec une saison des pluies de mars à novembre et une saison sèche de décembre à février. Les températures moyennes sont élevées toute l'année, favorisant une végétation luxuriante et une diversité écologique.

La végétation sur le campus comprend des espaces verts aménagés, des arbres indigènes et des plantations paysagères. Ces éléments contribuent à la qualité esthétique du campus et offrent des zones propices à la détente et à l'étude en plein air.

Les ressources naturelles comprennent des espaces verts, des sources d'eau, et une biodiversité qui coexistent avec les installations académiques et les infrastructures.

La population humaine de la zone d'étude est diversifiée, composée d'étudiants, de personnel enseignant et administratif, ainsi que de résidents des zones avoisinantes. La présence d'une communauté universitaire active contribue à la vitalité du campus.

Les activités académiques, culturelles et économiques sont le reflet de la diversité humaine sur le campus. Des centres d'excellence, des amphithéâtres, des laboratoires et des infrastructures sportives créent des pôles d'activités variées.

Les relations géographiques au sein de la zone d'étude sont complexes, avec des interactions entre les espaces académiques, les espaces résidentiels, les zones commerciales, et les zones de loisirs. Ces relations façonnent l'environnement social et contribuent à la dynamique de la vie universitaire.

La compréhension approfondie des caractéristiques physiques et humaines de la zone d'étude est essentielle pour le développement de la plateforme géospatiale. Les variations topographiques, le climat, la végétation, et les activités humaines influent sur la planification des ressources et des infrastructures. La prise en compte de ces caractéristiques permettra une intégration plus précise des outils SIG pour une gestion efficace de l'espace universitaire.

## Cartes et Visualisations

CARTE DE LOCALISTION

## Contraintes Géographiques

La zone géographique de l'Université de Lomé présente diverses contraintes qui peuvent potentiellement entraver la recherche, englobant des obstacles naturels, des aspects politiques et administratifs, ainsi que des considérations de sécurité.

Le campus luxuriant de l'Université de Lomé, abondamment recouvert de végétation, pose des défis naturels à la collecte de données et peut influencer la précision des coordonnées. La densité de la végétation peut rendre difficile l'accès à certains points du campus, impactant ainsi la collecte d'informations.

La division de l'université en plusieurs facultés et départements crée des frontières politiques et administratives qui peuvent compliquer la collecte de données. Les infrastructures dispersées dans différentes divisions peuvent rendre ardue la tâche d'obtenir des informations exhaustives, nécessitant une coordination complexe entre les différentes entités.

Le vaste campus de l'Université de Lomé, avec ses nombreuses installations, représente une autre contrainte. La taille importante du terrain peut rendre la collecte de données plus complexe, exigeant des méthodes efficaces pour couvrir l'ensemble du campus de manière exhaustive.

Ces contraintes géographiques ont des implications significatives pour la recherche. Elles peuvent engendrer des défis en termes de collecte de données, prolonger la durée de la recherche et augmenter les coûts associés. La reconnaissance de ces contraintes est importante pour élaborer des stratégies efficaces et surmonter les obstacles potentiels liés à la recherche dans cet environnement spécifique.

## Conclusion du Cadre Géographique

La conclusion du cadre géographique souligne plusieurs points clés essentiels à la compréhension de la zone d'étude, en l'occurrence l'Université de Lomé.

En premier lieu, la délimitation géographique précise de la zone, définie par des frontières claires, offre un contexte spatial structuré pour l'étude.

Deuxièmement, le choix stratégique de l'Université de Lomé comme zone d'étude repose sur sa position prééminente en tant qu'institution d'enseignement supérieur dans la région ouest-africaine. La diversité des infrastructures, la présence d'une population instruite, et les changements géographiques marquants au fil des années en font un terrain d'expérimentation idéal pour le développement d'une plateforme géospatiale interactive.

Troisièmement, le contexte historique et l'évolution géographique de l'Université de Lomé sont intrinsèquement liés à l'histoire du Togo en tant que nation indépendante. Les choix de localisation du campus et les développements au fil des décennies sont des facteurs clés influençant la configuration actuelle de la zone d'étude.

En outre, les caractéristiques physiques telles que la topographie plane, le climat tropical, et la végétation luxuriante, ainsi que les relations complexes entre les espaces académiques, résidentiels, commerciaux et de loisirs, soulignent la diversité de l'environnement de l'Université de Lomé.

En ce qui concerne les contraintes géographiques, la présence de défis naturels, politiques, administratifs, et de sécurité est reconnue. Ces contraintes soulignent l'importance de développer des stratégies adaptées pour surmonter les obstacles potentiels liés à la collecte et publication de données dans ce contexte spécifique.

En bref, la zone d'étude, l'Université de Lomé, offre un cadre géographique riche et complexe qui joue un rôle central dans la recherche sur la gestion des infrastructures universitaires. La compréhension approfondie de cette zone est nécessaire pour développer une plateforme géospatiale interactive efficace, adaptée aux besoins spécifiques de cet environnement dynamique et évolutif.

# APPROCHE METHODOLOGIQUE

## REVUE DE LA LITTERATURE

### Introduction à la Revue de Littérature

Contextualisation : Présentez brièvement la géomatique, les SIG, et l'évolution des SIG interactifs sur application web.

-Objectifs : Clarifiez les objectifs spécifiques de votre revue de littérature.

### Bases de Données Géospatiales

Concepts Fondamentaux

Qu'est-ce qu'une base de données géospatiale ?

### Méthodologies de Collecte de Données Géospatiales

Techniques de Collecte de Données

GPS, télédétection, relevés sur le terrain

Sources de données existantes (cartes, bases de données**)**

### Normes, Protocoles et Standards dans la collecte de données géospatiales

Protocoles de gestion des données dans un contexte universitaire

Leçons apprises et bonnes pratiques

Limitations et Défis

### Évolution des SIG, du statique vers l’interactifs sur le Web

-Historique : Détaillez l'évolution chronologique des SIG interactifs sur application web.

- Tendances émergentes : Identifiez les tendances récentes et les avancées technologiques.

### Architecture des SIG Interactifs sur Application Web :

- Composants : Analysez les éléments clés de l'architecture, tels que le front-end, le back-end, la base de données

- Intégration de la cartographie interactive : Explorez comment la cartographie interactive est intégrée dans ces applications web.

### Services Offerts par les SIG Interactifs en Ligne

- Analyse des services: Examinez les différents services proposés, tels que la visualisation, l'analyse spatiale, la collaboration en ligne

- Évolution des fonctionnalités : Identifiez les nouvelles fonctionnalités émergentes dans les SIG interactifs en ligne.

### Utilisation des SIG Interactifs dans Différents Domaines

- Applications sectorielles : Explorez comment les SIG interactifs sur application web sont utilisés dans des domaines spécifiques (urbanisme, environnement, santé, etc.).

### Intelligence Artificiel et l’émergence du SIG web

Intelligence Artificielle et SIG : Explorez comment l'intelligence artificielle est intégrée aux SIG interactifs.

Données en Temps Réel : Analysez l'utilisation des données en temps réel dans les SIG interactifs.

### Défis et Limitations Actuels

- Problèmes Techniques : Analysez les défis techniques auxquels sont confrontés les SIG interactifs en ligne.

- Questions de Sécurité et Confidentialité : Discutez des problèmes liés à la sécurité et à la confidentialité dans le contexte des applications web interactives.

- Limitations Techniques : Discutez des limitations techniques auxquelles sont confrontés les SIG interactifs.

Enjeux Socio-économiques : Explorez les implications sociales et économiques liées à l'utilisation de ces technologies.

### Évaluation Critique

- Analyse de la Méthodologie : Évaluez les méthodes de recherche utilisées dans les études existantes.

- Critique des Résultats : Examinez les résultats et les conclusions des études antérieures.

### Conclusion de la Revue de Littérature :

- Synthèse : Résumez les principales conclusions et tendances.

- Lacunes : Identifiez les lacunes dans la littérature qui justifient votre recherche.

Orientations pour la Recherche Future : Identifiez les lacunes et proposez des orientations pour la recherche future dans le domaine des SIG interactifs sur application web.

## COLLECTE DE DONNEES

### Utilitaire de collecte et de manipulation de données

#### OBJECTIF 1 : Collecter les données sur les infrastructures et les équipements socioprofessionnels universitaires et créer une base de données géospatiale pour un SIG.

* Récepteur GPS (Système de Positionnement Global) : Pour collecter les coordonnées géographiques précises des infrastructures sur le terrain.
* Imagerie satellitaire : Utilisation de la Télédétection pour obtenir une vue globale des infrastructures et faciliter la collecte de certaines données particulières.
* Carnets d'enquête ou applications mobiles : Pour mener des enquêtes sur le terrain et recueillir des informations (Qfield ou Mergin Input)
* Logiciel SIG (Système d'Information Géographique) comme QGIS, ArcGIS: Pour épurer et analyser les données collectées.

#### OBJECTIF 2 : Concevoir et développer une plateforme Web géospatiale qui interagie avec la base de données en offrant des fonctionnalités de collecte, d’analyse et de visualisations.

* Langages de programmation web (HTML, CSS, JavaScript) : Pour développer le frontend de l’application.
* Framework web (Django) : Pour faciliter le développement du backend et gérer les interactions avec la base de données.
* Bibliothèques JavaScript : pour les cartes interactives (Leaflet, folium et OSM) pour afficher les données géospatiales sur la carte et permettre des interactions avec les utilisateurs.
* Environnement de développement intégré (IDE) : Visual Studio Code est utilisés pour faciliter la programmation et le débogage.

#### OBJECTIF 3 : Intégrer un système d’alerte pour la maintenance des infrastructures sur le campus universitaire de Lomé.

* Bibliothèques Python pour l'analyse spatiale : Par exemple, Geopandas, Shapely, GDAL, PROJ et GEOS pour mettre en œuvre des algorithmes d'analyse spatiale.
* API (Interface de Programmation d'Application) géospatiale comme Turf.js et GeoAlchemy Pour intégrer les fonctionnalités d'analyse spatiale dans la plateforme web.

## TRAITEMENT ET TRANSFORMATION DES DONNEES

### Méthode de traitement de données

Ces schémas détaillent les étapes des opérations pour chaque objectif, depuis la collecte de données, sélection des technologies jusqu' à la validation des fonctionnalités. Chaque étape est spécifique à l'objectif en question et vise à atteindre les résultats attendus.

#### Objectif 1 : Collecter les données sur les infrastructures et les équipements socioprofessionnels universitaires et créer une base de données géospatiale pour un SIG.

Identification des catégories d’infrastructures

Déterminer les informations à collecter

Analyse des besoins

Collecte des données

Images satellitaires

Données de terrain

Données secondaires

La télédétection

Géo positionnement

Les enquêtes sur le terrain

Élimination des données corrompues

Vérification de la cohérence des données

Stockage des données

Nettoyage et validation des données

Modèle logique

Clés primaires et étrangères

Relations tables

Définition des tables

Modèle conceptuel

**Dictionnaire des données**

**Relations des entités**

**Règles de cohérence**

Modèle physique

SGBD

* + Table

##### Étape 1 : Analyse des besoins

* Identifier les différentes catégories d'infrastructures à collecter
* Déterminer les informations à collecter pour chaque catégorie d'infrastructures

##### Étape 2 : Conception de la base de données

* Élaborer un modèle conceptuel de la plateforme
* Élaborer un modèle logique de la plateforme
* Élaborer un modèle physique de la plateforme

##### Étape 2 : Collecte des données

* Utiliser une variété de sources de données, notamment :
* Des images satellitaires
* Des données de terrain
* Données secondaires
* Utiliser des techniques de collecte de données appropriées, notamment :
* La télédétection
* Géo-positionnement
* Les enquêtes sur le terrain

##### Étape 3 : Nettoyage et validation des données

* Éliminer les données erronées ou incomplètes
* Vérifier la cohérence des données

##### Étape 4 : Stockage des données

* Stocker les données dans une base de données géospatiale

#### Objectif 2 : Concevoir et développer une plateforme Web géospatiale qui interagie avec la base de données en offrant des fonctionnalités de collecte, d’analyse et de visualisations.

Technologies et outils appropriés frontend

Technologies et outils appropriés backend

Base de données

HTML/CSS/JS

Exigences techniques

Leaflet, Folium, OpenStreetMap

Bibliothèques Python (Geopandas, Shapely, SciPy, GDAL, PROJ,GEOS)

Tests unitaires

Tests d'intégration

Tests de performance

Django (Framework)

Développement de la plateforme

Tests de la plateforme

Analyse des besoins

Identifier les fonctionnalités

##### Étape 1 : Analyse des besoins

* Identifier les fonctionnalités nécessaires à la plateforme
* Définir les exigences techniques de la plateforme

##### Étape 2 : Développement de la plateforme

* Utiliser des technologies et outils appropriés pour le développement de la plateforme

##### Étape 3 : Tests de la plateforme

* Tester la plateforme pour s'assurer qu'elle répond aux besoins

#### Objectif 3 : Intégrer un système d’alerte pour la maintenance des infrastructures sur le campus universitaire de Lomé.

##### Étape 1 : Identification des besoins

* Identifier les analyses spatiales nécessaires à la gestion des infrastructures

##### Étape 2 : Intégration des fonctions d’analyses spatiales

* Développer les fonctionnalités d'analyses spatiales

##### Étape 3 : Tests et Validation des fonctions d’analyses spatiales

* Tester les analyses spatiales pour s'assurer qu'elles répondent aux besoins
* Valider les fonctions avec des données réelles

1. TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

# RESULTATS

Une solution complète et opérationnelle pour la gestion des infrastructures universitaires, comprenant une base de données géospatiale, une plateforme géospatiale interactive et des fonctionnalités d'analyse spatiale afin d'améliorer la gestion des infrastructures universitaires. Une documentation détaillée décrivant l'ensemble du processus, y compris la méthodologie, les outils utilisés et les résultats obtenus. Par objectif, voici les résultats attendus :

## Objectif 1 : Collecter les données sur les infrastructures et les équipements socioprofessionnels universitaires et créer une base de données géospatiale pour un SIG.

* Une base de données géospatiale complète contenant les coordonnées géographiques et les attributs de chaque infrastructure universitaire est conçue.
* Une documentation décrivant la méthodologie de collecte des données géospatiales utilisées, y compris les technologies et les outils employés.
* Un schéma de base de données clair et structuré est intégré dans le système de gestion de base de données Postgres SQL/Postgis.

## Objectif 2 : Concevoir et développer une plateforme Web géospatiale qui interagie avec la base de données en offrant des fonctionnalités de collecte, d’analyse et de visualisations.

* Une plateforme géospatiale interactive avec une interface utilisateur, permettant aux utilisateurs d'accéder aux données géospatiales et d'effectuer des requêtes.
* Les fonctionnalités telles que la recherche de lieux ou d’infrastructures, le calcul de distances, la geocoding sont implémentées.
* Une interface administrateur sécurisée permettant aux administrateurs de gérer les données d'infrastructure et de suivre les mises à jour de manière efficace.

## Objectif 3 : Intégrer un système d’alerte pour la maintenance des infrastructures sur le campus universitaire de Lomé.

## Des outils de géotraitements d’analyses spatiales pour la prise de décisions, l'optimisation de l'espace et la maintenance préventive sont intégrés dans l’interface web administrateur

* Les infrastructures sont visualisables par thématique par l’administrateur.

# DISCUSSION

* Discusion

**CONCLUSION (GENERALE)**

Cette recherche revêt en fin une importance significative à plusieurs niveaux, du fait qu’elle combine des éléments clés de la géomatique, des SIG et de la technologie web pour améliorer la gestion des ressources universitaires à l'Université de Lomé. La collecte d’informations géographiques des infrastructures de l'Université de Lomé et leur modélisation dans une base de données géospatiale permettra une gestion plus efficace des ressources universitaires. Cette approche basée sur les Systèmes d’Informations Géographiques (SIG) offre une meilleure maitrise des coordonnées géographiques et des relations entre les différentes infrastructures, ce qui facilite la planification, la maintenance et l'optimisation de l'utilisation et de maitrise de l'espace. Grâce à la plateforme géospatiale interactive, les étudiants et le personnel universitaire auront accès à des informations utiles, telles que la localisation des bâtiments, des terrains de jeux, des parkings, etc. Cela facilitera leur déplacement sur le campus, leur permettra de trouver plus facilement des lieux d'intérêt et d'optimiser leur expérience au sein de l'université. La plateforme permettant d'effectuer des analyses spatiales permettra de détecter plus rapidement les problèmes d'infrastructures, de planifier la maintenance préventive et d'anticiper les besoins futurs. Cette approche proactive réduira les coûts de maintenance et améliorera la durabilité des infrastructures universitaires. Cette recherche propose une application concrète des technologies géospatiales dans le domaine de la gestion des infrastructures universitaires. Elle peut servir de référence pour d'autres institutions académiques ou organisations cherchant à mettre en œuvre des solutions similaires pour optimiser leurs ressources et améliorer leur gestion. Cette recherche démontre l'importance de la géo-informatique, la télédétection et les SIG dans la gestion des infrastructures. Elle souligne comment l'utilisation de ces technologies peut apporter des avantages concrets dans la prise de décision et la gestion de l'espace.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Choi, J. Y., Engel, B. A., & Farnsworth, R. L. (2005): Web-based GIS and spatial decision support system for watershed management. Journal of Hydroinformatics, 7, 165-174.

Crain, I. K. et C. L. MacDonald. (1984). From Land Inventory to Land Management. Cartographica, 21, 40-6.

Elwood, Sarah. (2006). Beyond Cooptation or Resistance: Urban Spatial Politics, Community Organizations, and GIS-Based Spatial Narratives . Annal of the Association of American Geographers 96, 323-41.

Lake, Robert W. (1993). Planning and applied geography: positivism, ethics, and geographic information systems. Progress in Human Geography 17, 404-13.

Polombo, Nadine. (2007). Information Géographique et SIG dans les Conseils Généraux : outil et méthode pour la prospective territoriale.

R. Amara , B. Bessaa , M. Belhadj Aissa. (2009). Développement des SIG en ligne par l’utilisation des logiciels open source, Journées d’Animation Scientifique (JAS09).

Starr, H. 2002. Opportunity, willingness and geographic information systems (GIS): reconceptualizing borders in international relations. Political Geography 21, 243-61.

Youbi Othmane. (2019). Application mobile pour système d’informations géographiques.

System ref et coord

Lapaine, M., & Usery, E. L. (2014). Projections cartographiques et systèmes de références. Traduction par Halter, D., & Hangouët, J.-F. Relecture d’harmonisation par de Montety, F.

Patrick SILLARD (2000). Les projections et référentiels cartographiques.

Deakin, R. E. (2006). Traverse Computation on the UTM Projection for Surveys of Limited Extent. School of Mathematical and Geospatial Sciences, RMIT University.

Randrianarison, L. T., & Razafindrabe, N. (2005). Géoréférencement de données dans le système de projection Laborde Madagascar.

INTRODUC

Patricia Bordin (2002). SIG : concepts outils et donnees, 75008 paris p13- 131 .

Yalew, S. G., Van Griensven, A., & van der Zaag, P. (2016): AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment. Computers and Electronics in Agriculture, 128, 1-8.

Webographie:

<https://univ-lome.tg/>

<https://geopandas.org/>

<https://docs.djangoproject.com/>

<https://geoserver-pdf.readthedocs.io/en/stable>

<https://www.sigterritoires.fr/index.php/debuter-avec-geoserver/>

<https://live.osgeo.org/fr/overview/openlayers_overview.html>

<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/FR:GeoJSON>

**ANNEXES**

Table des matières

[1. Introduction au SIG 5](#_Toc155442654)

[1.1 Concepts fondamentaux des systèmes d’informations géographiques 5](#_Toc155442655)

[1.2 Définition système d'information 5](#_Toc155442656)

[1.3 Définition système d'information géographique 5](#_Toc155442657)

[1.4 Les composantes du SIG 5](#_Toc155442658)

[1.4.1 Les logiciels 5](#_Toc155442659)

[1.4.2 Les données 5](#_Toc155442660)

[1.4.3 Les matériels informatiques 5](#_Toc155442661)

[1.4.4 Les méthodes (Les savoir-faire) 5](#_Toc155442662)

[1.4.5 Les utilisateurs 5](#_Toc155442663)

[1.5 Questions auxquelles peuvent répondre les systèmes d’information géographiques 5](#_Toc155442664)

[1.6 Structure d’un SIG 5](#_Toc155442665)

[1.7 Fonctionnalités d’un SIG 5](#_Toc155442666)

[1.8 Les données dans les SIG 5](#_Toc155442667)

[1.8.1 Les Types de données dans un SIG 5](#_Toc155442668)

[1.8.2 Les modes de représentation dans un SIG 5](#_Toc155442669)

[1.9 Domaines d’applications du SIG 5](#_Toc155442670)

[2. Systèmes d’informations géographiques dans le web 5](#_Toc155442671)

[2.1 Origines et évolution du SIG Web 5](#_Toc155442672)

[2.2 Présentation d'un SIG Web 5](#_Toc155442673)

[2.3 Architecture SIG Web 5](#_Toc155442674)

[2.4 Avantages des SIG Web 5](#_Toc155442675)

[2.5 Applications du SIG WEB 5](#_Toc155442676)

[3. Techniques de positionnement par satellites 5](#_Toc155442677)

[3.1 Principes fondamentaux 6](#_Toc155442678)

[3.1.1 Théorie de la triangulation 6](#_Toc155442679)

[3.1.2 Théorie de la multilatéralison 6](#_Toc155442680)

[3.1.3 Théorie de la trilatération 6](#_Toc155442681)

[3.2 Technologies de positionnement par satellites 6](#_Toc155442682)

[3.2.1 GPS 6](#_Toc155442683)

[3.2.2 GLONASS 6](#_Toc155442684)

[3.2.3 Galileo 6](#_Toc155442685)

[3.2.4 BeiDou 6](#_Toc155442686)

[3.2.5 QZSS 6](#_Toc155442687)

[3.3 Précision du positionnement par satellites 6](#_Toc155442688)

[3.3.1 Facteurs influençant la précision du positionnement 6](#_Toc155442689)

[3.3.2 Amélioration de la précision du positionnement 6](#_Toc155442690)

[4. Système de Projections et Systèmes de coordonnées 6](#_Toc155442691)

[4.1 Les systèmes de projection Cartographique 6](#_Toc155442692)

[4.1.1 Les trois familles de projections cartographiques 7](#_Toc155442693)

[4.1.2 Projection conservant les angles 7](#_Toc155442694)

[4.1.3 Projection conservant les distances 8](#_Toc155442695)

[4.1.4 Projections respectant les surfaces 8](#_Toc155442696)

[4.2 Le système de coordonnées 8](#_Toc155442697)

[4.2.1 Système de Coordonnées de Référence (SCR) 8](#_Toc155442698)

[4.2.2 Systèmes de Coordonnées Géographiques 9](#_Toc155442699)

[4.2.3 Système de Coordonnées de Référence Projeté 9](#_Toc155442700)

[4.2.4 Transverse Universelle de Mercator (UTM) 10](#_Toc155442701)

[5. APPROCHE CONCEPTUELLE 10](#_Toc155442702)

[5.1 PROBLEMATIQUE 10](#_Toc155442703)

[5.2 HYPOTHESE 12](#_Toc155442704)

[5.3 OBJECTIF 12](#_Toc155442705)

[5.4 CLARIFICATION DES CONCEPTS 13](#_Toc155442706)

[6. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D’ETUDE 13](#_Toc155442707)

[6.1 Introduction au Cadre Géographique 13](#_Toc155442708)

[6.2 Délimitation Géographique et Importance du Milieu 13](#_Toc155442709)

[6.3 Contexte Historique et Évolution Géographique 14](#_Toc155442710)

[6.4 Caractéristiques et Relations Géographiques 14](#_Toc155442711)

[6.5 Cartes et Visualisations 15](#_Toc155442712)

[6.6 Contraintes Géographiques 15](#_Toc155442713)

[6.7 Conclusion du Cadre Géographique 16](#_Toc155442714)

[7. APPROCHE METHODOLOGIQUE 17](#_Toc155442715)

[7.1 REVUE DE LA LITTERATURE 17](#_Toc155442716)

[7.1.1 Introduction à la Revue de Littérature 17](#_Toc155442717)

[7.1.2 Bases de Données Géospatiales 17](#_Toc155442718)

[7.1.3 Méthodologies de Collecte de Données Géospatiales 17](#_Toc155442719)

[7.1.4 Normes, Protocoles et Standards dans la collecte de données géospatiales 17](#_Toc155442720)

[7.1.5 Évolution des SIG, du statique vers l’interactifs sur le Web 17](#_Toc155442721)

[7.1.6 Architecture des SIG Interactifs sur Application Web : 17](#_Toc155442722)

[7.1.7 Services Offerts par les SIG Interactifs en Ligne 17](#_Toc155442723)

[7.1.8 Utilisation des SIG Interactifs dans Différents Domaines 18](#_Toc155442724)

[7.1.9 Intelligence Artificiel et l’émergence du SIG web 18](#_Toc155442725)

[7.1.10 Défis et Limitations Actuels 18](#_Toc155442726)

[7.1.11 Évaluation Critique 18](#_Toc155442727)

[7.1.12 Conclusion de la Revue de Littérature : 18](#_Toc155442728)

[7.2 COLLECTE DE DONNEES 19](#_Toc155442729)

[7.2.1 Utilitaire de collecte et de manipulation de données 19](#_Toc155442730)

[7.3 TRAITEMENT ET TRANSFORMATION DES DONNEES 19](#_Toc155442731)

[7.3.1 Méthode de traitement de données 19](#_Toc155442732)

[8. RESULTATS 23](#_Toc155442733)

[8.1 Objectif 1 : Collecter les données sur les infrastructures et les équipements socioprofessionnels universitaires et créer une base de données géospatiale pour un SIG. 24](#_Toc155442734)

[8.2 Objectif 2 : Concevoir et développer une plateforme Web géospatiale qui interagie avec la base de données en offrant des fonctionnalités de collecte, d’analyse et de visualisations. 24](#_Toc155442735)

[8.3 Objectif 3 : Intégrer un système d’alerte pour la maintenance des infrastructures sur le campus universitaire de Lomé. 24](#_Toc155442736)

[ Des outils de géotraitements d’analyses spatiales pour la prise de décisions, l'optimisation de l'espace et la maintenance préventive sont intégrés dans l’interface web administrateur 24](#_Toc155442737)

[**9.** DISCUSSION 24](#_Toc155442738)