

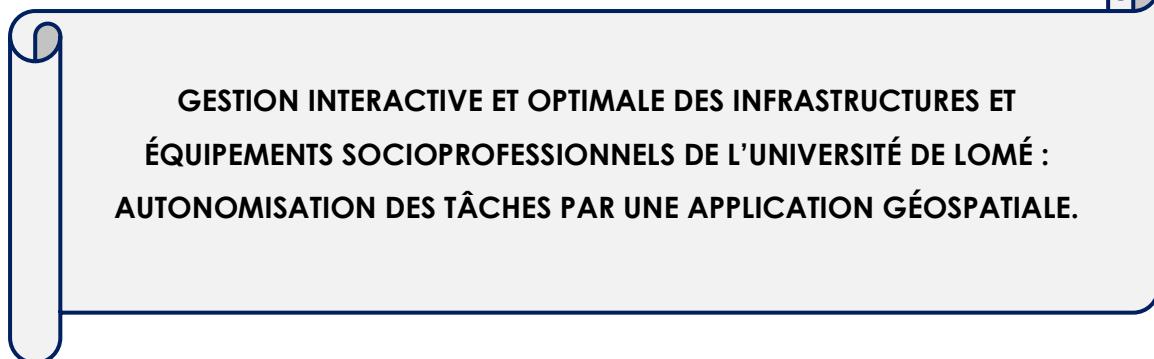


FACULTÉ DES SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ (FSHS)

DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE

Année Universitaire : 2023-2024

Mémoire N°...../



Pour l'obtention du Master Professionnel en Géomatique Appliquée

Domaine : Sciences de l'Homme et de la Société (SHS)

Mention : Géographie

Spécialité : Géomatique Appliquée

Présenté par : **SAGUINTAAH Dira-Bariga**

Composition du Jury de soutenance

Président du jury : AGBAMARO Mayébinasso, Maître de Conférences, FLESH, Université de Kara

Examinateurs : KOUMOI Zakariyao, Maître de Conférences, FLESH, Université de Kara

APEKE Séna, Maître-Assistant, EPL, Université de Lomé

Directeur de mémoire : BOUKPESSI Tchaa, Professeur Titulaire, FSHS, Université de Lomé

Décembre 2024

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à l'Université de Lomé pour l'opportunité offerte d'appliquer la géomatique de manière concrète et pertinente sur son campus ; les connaissances acquises et l'environnement propice à l'innovation et à la recherche.

REMERCIEMENTS

Je rends grâce au Créateur pour avoir permis que ce travail arrive à son terme et pour la chance d'être parmi les premiers géomaticiens formés au Togo à l'Université de Lomé.

Les remerciements vont tout d'abord au Professeur Adama Mawulé KPODAR, Président de l'Université de Lomé, qui a marqué son accord pour que cette recherche puisse se dérouler sur le domaine de l'Université de Lomé. Ses paroles illustrent bien l'ambition de ce projet : *"Notre campus est doté d'un potentiel d'aménagement extraordinaire pour être encore plus attractif et inclusif. Travailsons à le rendre plus accueillant, durable, stimulant et chaleureux non seulement pour le corps professoral et enseignant, les étudiantes et étudiants, les personnels administratifs, mais aussi pour toute personne créatrice intéressée."*

Ces mots motivants ont été une source d'inspiration tout au long de cette recherche.

J'exprime ma gratitude au Professeur Esohanam BOKO, Directeur de la Recherche et de l'Innovation de l'Université de Lomé, pour avoir autorisé la réalisation d'une enquête de collecte de données géospatiales sur le campus universitaire de Lomé.

Ma reconnaissance s'étend au Professeur Pessièzoum ADJOUSSI, Directeur du Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique (LTAG), pour la mise à disposition d'un GPS différentiel, essentiel pour produire des données de haute qualité.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, au Professeur Tchaa BOUKPESSI, Directeur adjoint du LTAG. Son rôle d'encadreur, son suivi attentif, ses encouragements et ses précieuses instructions ont grandement contribué à la réussite de ce travail.

Ma gratitude va également à Monsieur Ogma Marcellin DANKOMA, Co-directeur de mon mémoire, qui a guidé mon travail tout au long de la recherche.

Un chaleureux merci au Club Géo de l'Université de Lomé et aux 36 étudiants de grade licence mention géographie pour leur participation active et leur travail bien fait lors de l'opération de collecte de données.

Qu'il me soit aussi permis d'exprimer ma profonde gratitude à mon père, M'boma SAGUINTAAH, et à ma mère, Forima KAGA, pour leurs soutiens indéfectibles.

SIGLES ET ACRONYMES

API	: Application Programming Interface (Interface de Programmation d'Application)
BD	: Base de Données
CSS	: Cascading Style Sheets (Feuilles de Style en Cascade)
GDAL	: Geospatial Data Abstraction Library (Bibliothèque d'Abstraction des Données Géospatiales)
GEOS	: Geometry Engine - Open Source (Moteur de Géométrie - Code Source Ouvert)
GPS	: Global Positioning System (Système de Positionnement Global)
HTML	: Hyper Text Markup Language (Langage de Balises Hypertexte)
IBM	: International Business Machines (Machines de Business Internationales)
IES	: Infrastructures et Équipements Socioprofessionnels
LTAG	: Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique
MCD	: Modèle Conceptuel de Données
MLD	: Modèle Logique de Données
MPD	: Modèle Physique de Données
NoSQL	: Not Only Structured Query Language (Langage de Requêtes Non Uniquement Structurées)
PSD	: Plan Stratégique de Développement
RPT	: Rassemblement du Peuple Togolais
SGBD	: Système de Gestion de Base de Données
SGBDR	: Système de Gestion de Base de Données Relationnel
SIG	: Système d'Information Géographique
SQL	: Structured Query Language (Langage de Requêtes Structurées)
URL	: Uniform Resource Locator (Localisateur Uniforme de Ressources)
XML	: Extensible Markup Language (Langage de Balises Extensible)

RESUME

La gestion des infrastructures et équipements socioprofessionnels de l'Université de Lomé manque d'efficacité. Cette recherche en géomatique propose une alternative. L'objectif est d'utiliser les systèmes d'information géographique pour assurer une gestion interactive et optimisée des infrastructures et équipements socioprofessionnels de l'Université de Lomé. La méthodologie employée comprend l'utilisation de l'outil QField, associé au GPS différentiel Arrow Gold, pour garantir une précision accrue dans la collecte des données. La plateforme web a été développée en backend avec Django, GeoDjango et PostgreSQL, tandis que le frontend repose sur Bootstrap, CSS, HTML et JavaScript. Les fonctions d'alerte pour les infrastructures ont été développées à partir des bibliothèques GeoPandas et Google API. À l'issue de cette recherche, une base de données géospatiale a été créée, intégrant les données géospatiales relatives aux IES diagnostiqués, une application web géospatiale nommée « MonCampus » a été développée offrant une diversité de fonctionnalités géospatiales adaptées aux besoins de l'université. Enfin, un système d'alerte a été mis en place pour permettre une gestion collaborative et réactive des infrastructures de l'Université de Lomé.

Mots clés : géomatique, base de données géospatiale, plateforme web géospatiale, Université de Lomé.

ABSTRACT

The management of socio-professional infrastructure and equipment at the University of Lomé is inefficient. This research in geomatics proposes an alternative solution. The objective is to use Geographic Information Systems (GIS) to ensure interactive and optimized management of the socio-professional infrastructure and equipment at the University of Lomé. The methodology employed includes the use of the QField tool, combined with the Arrow Gold differential GPS, to ensure high precision in data collection. The web platform was developed with Django, GeoDjango, and PostgreSQL for the backend, while the frontend relies on Bootstrap, CSS, HTML, and JavaScript. Alert functions for the infrastructure were developed using GeoPandas and Google API libraries. As a result of this research, a geospatial database was created, integrating geospatial data related to the diagnosed IES, a web geospatial application named "MonCampus" was developed offering a variety of geospatial functionalities tailored to the university's needs. Finally, an alert system was established to enable collaborative and reactive management of the University of Lomé's infrastructure.

Keywords: geomatics, geospatial database, geospatial web platform, University of Lomé.

SOMMAIRE

DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
SIGLES ET ACRONYMES	iv
RESUME	v
ABSTRACT	v
SOMMAIRE	vi
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : CADRE CONCEPTUEL	4
1.1 Problématique.....	4
1.2 Hypothèses	10
1.3 Objectifs	10
1.4 Clarification et définition des concepts	10
CHAPITRE II : CADRE GÉOGRAPHIQUE	14
2.1 Situation géographique	14
2.2 Caractéristiques physiques et relation géographique.....	15
2.3 Contexte historique et évolution géographique	16
2.4 Population estudiantine et enseignante.....	17
2.5 Contraintes géographiques	17
Conclusion.....	18
CHAPITRE III : APPROCHE METHODOLOGIQUE	19
3.1 Acquisition de données Outils : Utilitaire de collecte et de manipulation de données.....	19
3.2 Méthode de traitement et de transformation des données	20
3.3 Analyse des besoins fonctionnels de l'application	25
3.4 Technologies utilisées	33
3.5 Conception et implémentation de l'application.....	37
CHAPITRE IV : RESULTATS	56
4.1 Création de la base de données géospatiales et collecte de données	56
4.2 Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale.....	59
4.3 Intégration d'un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures	70
CHAPITRE V : DISCUSSION	72
5.1 Acquisition de données et bases de données géospatiales.....	72
5.2 Plateforme web géospatiale interactive	74
5.3 Alerte et maintenance des infrastructures à l'Université de Lomé.....	76
CONCLUSION GENERALE	78
PRESENTATION DU PROJET PROFESSIONNEL	80
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	85
ANNEXES	90
TABLE DE MATIERE	93

INTRODUCTION GENERALE

La gestion efficace des IES universitaires constitue un défi majeur pour l'Université de Lomé en quête d'une meilleure utilisation de ses ressources. La diversité des installations, la croissance de l'institution et les contraintes budgétaires imposent des décisions stratégiques pour optimiser l'utilisation de son espace et patrimoine. Afin de relever ce défi, il est impératif de recourir à des technologies de pointe qui se révèlent utiles pour améliorer la prise de décision et la gestion des ressources disponibles. La géomatique est l'une des sciences appliquées à la gestion du territoire et des ressources. Qui dit science géospatiale, dit « donnée ». Pour appliquer les outils de la géomatique à la gestion des infrastructures de l'Université de Lomé, il faut donc des données de bonne qualité. Khalfi (2017) met en avant l'exigence de bonne qualité des données. Cependant, loin d'associer uniquement le terme « qualité » à la précision spatiale de données, la notion de qualité couvre l'ensemble du processus d'acquisition, de gestion, de diffusion et d'utilisation de l'information géographique (Devillers et Jeansoulin, 2010). Pour avoir les données, il est nécessaire d'inventorier les différents IES observés à l'Université de Lomé, recueillir les caractéristiques descriptives relatives à chaque IES et sa position géographique.

La diversité croissante des IES marque l'environnement de l'Université de Lomé. Ces IES sont tous localisables (Bordin, 2002 ; Youbi, 2019), descriptibles et porteurs d'informations importantes. Selon Khalfi (2017), tout objet ou phénomène à la surface du globe est localisable. Tout objet est susceptible d'être décrit et représenté géographiquement sur une carte. 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. David et Fasquel (1997) appellent cette représentation numérique « *le terrain nominal* » et le définissent comme une « *image de l'univers, à une date donnée* », c'est-à-dire une réalité géographique d'un milieu à un temps précis.

Pour faciliter la prise de décision en matière d'aménagement et de gestion, il est essentiel que le décideur ait une vue d'ensemble du territoire. La maîtrise des données géoréférencées devient un enjeu central pour gouverner et décider stratégiquement au sein de l'Université de Lomé. L'application des SIG devient alors cruciale pour exploiter pleinement ces données (Youbi, 2019), facilitant la prise de décisions informées et la gestion optimale des ressources disponibles. Au fil des années, les SIG ont émergé comme des outils essentiels dans divers

secteurs, notamment la gestion territoriale et patrimoniale selon Yalew et al. (2016) et Manel (2022), de l'environnement, la planification, la gestion des risques naturels (Khalfi, 2017). Ces technologies ont confirmé 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 gestion du patrimoine ou autre, les SIG offrent une approche sophistiquée et efficace pour comprendre et optimiser l'utilisation du territoire. Par conséquent, l'adoption de ces outils SIG à l'université de Lomé sera un chemin vers une gouvernance durable.

L'association 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. À l'origine, la géomatique était pratiquée uniquement sur des ordinateurs de bureau, mais aujourd'hui, grâce aux progrès de l'informatique, elle est accessible à tous via les téléphones mobiles intelligents. Même les non-spécialistes (le grand public) peuvent participer à la création de données géospatiale (Mericskay, 2011). Ce phénomène est parfois appelé la néogéographie (Joliveau, 2011) et illustre la démocratisation de la cartographie (Pierre, 2001 ; Mericskay, 2011). Ceci donne lieu à une nouvelle forme de cartographie en ligne permettant au grand public d'utiliser la carte (Crampton, 2008 ; Elwood, 2009). Même si les SIG sur le Web et le téléphone mobiles intelligents n'ont pas apporté de nouvelles fonctionnalités en géomatique, ils ont introduit une nouvelle approche de création et de partage des données géospatiales et une facilité d'interaction et de développement d'applications (Haklay et al., 2008). La technologie des services web, un moyen efficace de distribuer de l'information (Azizi et Kadjoudj, 2017) et d'automatiser les systèmes informatique Diago (2022), favorise l'émergence de cartes interactives et dynamiques. L'approche de la géomatique sur le web est récente, mais elle connaît un renouvellement accéléré grâce à l'informatique qui développe des services gratuits aussi bien du côté serveur (Geoserver, GeoDjango, etc.) que du côté client (Leaflet, OpenLayers, Turf, etc.) mais également les API payantes (Application Programming Interface) cartographiques telles que Bing Maps, Google Maps, etc. Ainsi, grâce à ces outils, il est possible de développer des applications de plus en plus sophistiquées qui se rapprochent au niveau des fonctionnalités d'applications SIG de bureau telles qu'ArcMap ou QGIS (Steiniger et Hunter, 2013). L'accès à la cartographie et à des outils SIG se démocratise ainsi puisqu'il n'est plus nécessaire d'installer un logiciel de bureau dédié pour accéder à certaines fonctionnalités SIG, mais un simple navigateur Web suffit pour visualiser et interagir avec l'information géospatiale (Cornioéley, 2018). Ces dernières années, le SIG web a suscité un

intérêt croissant, comme en témoignent les nombreuses études, dont celle de (Pierre,2001 ; Peterson, 2005 ; Mericskay et Roche, 2010 ; Apparicio et al., 2022 ; Manel,2022 ; El Houjjaji et Hoebeke, 2023).

L'Université de Lomé bénéficie de l'accès à Internet haut débit, permettant l'utilisation d'outils cartographiques puissants sur internet. Le SIG interactif offre la possibilité de navigation, de localisation et de visualisation de lieux préalablement non maîtrisés. L'Université de Lomé est dotée d'un vaste territoire et de nombreuses IES difficiles à indexer par la communauté universitaire. 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 téléphone mobile intelligent, 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. En utilisant les dernières technologies web existantes (Ansotte et al.,2019), cette recherche vise à développer une plateforme géospatiale interactive dédiée à la gestion des IES à l'Université de Lomé. Cette plateforme sera conçue pour permettre la collecte, stockage, l'analyse et visualiser des données géospatiales présentes 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 IES. Ce mémoire est structuré en cinq chapitres :

- Cadre conceptuel ;
- Cadre géographique ;
- Approche méthodologique ;
- Résultats ;
- Discussion.

CHAPITRE I : CADRE CONCEPTUEL

Ce chapitre présente la problématique de recherche, les objectifs poursuivis par cette étude, ainsi que la clarification des concepts clés utilisés dans ce document.

1.1 Problématique

L'Université de Lomé, en tant qu'institution académique éminente, joue un rôle clé dans le développement éducatif et intellectuel au Togo et dans la sous-région ouest-africaine. Cependant la gestion de ses IES 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. Elle est confrontée à ces défis parce qu'en partie, elle manque de données précises sur lesquelles se baser pour prendre des décisions. Depuis sa création en 1970, la base de données géospatiale de l'Université de Lomé est incomplète et imprécise. Ceci rend difficile une planification efficace. Il est nécessaire d'avoir une base de données hébergeant la réalité géospatiale du campus et interrogeable en fonction des besoins. Il est donc important pour la gouvernance, de recenser et d'immatriculer toutes les infrastructures afin de mieux les identifier. En effet, gouverner, c'est avoir le contrôle sur son espace et disposer de l'information nécessaire. Selon Azizi et Kadjoudj (2017), un SIG a pour vocation d'informer l'utilisateur sur les éléments d'un territoire ou sur le territoire lui-même, le paramètre essentiel étant la localisation. Pour la gouvernance spatiale, l'information géographique est très utile pour décrire, visualiser et analyser efficacement les phénomènes réels localisables. L'information géographique, également appelée information géospatiale, constitue l'élément fondamental utilisé dans un SIG. Quodverte (1994) la définit comme « *la représentation d'un objet ou un phénomène réel, localisé dans l'espace, à un moment donné* ». Elle est décrite par des informations spatiales définissant sa position (localisation) et sa forme (géométrie), des informations sémantiques relatives à des attributs quantitatifs ou/et qualitatifs et par des relations topologiques avec les autres éléments géographiques (Khalfi, 2017). Il est constaté qu'à l'Université de Lomé, elle n'existe pas ou encore elle est imprécise d'où la nécessité de la créer.

Il est primordial d'avoir un plan de développement spatial cohérent, qui puisse doter le Campus de l'Université de Lomé de différentes infrastructures pédagogiques, administratives, coopératives, socioculturelles et récréatives suffisantes et capables de s'étendre dans le temps et dans l'espace pour répondre aux besoins sans cesse galopants (PSD 2021-2025). Ceci révèle

le désir de l'Université de Lomé de disposer d'un plan de développement spatial cohérent et d'établir une gouvernance infrastructurelle. Le PSD 2015-2020 fut un succès avec la sectorisation spatiale de l'université de Lomé en pôle thématique. Lisant le PSD 2021-2025 il est constaté que la gouvernance spatiale est au cœur des programmes de développement de l'université de Lomé. Ce qui signifie que le problème est ressenti et l'occasion est donnée à tous d'apporter sa pierre à l'édifice. L'apport des SIG à la société a amélioré la planification et la prise de décision des politiques publiques (Lake, 1993) et la prospective territoriale (Polombo, 2007).

Dans cette étude, il est trouvé utile la mise en place d'une base de données géospatiale qui emboite les PSD adoptés par l'Université de Lomé. Selon le Professeur Dodzi Komla KOKOROKO, le PSD 2015-2020 fut une belle expérience remplie d'enseignement et se réjouit des avancées notables et des transformations majeures apportées dans la gouvernance de notre université au triple plan pédagogique, académique et infrastructurel. Un nouveau cycle s'ouvre désormais, car l'œuvre doit être consolidée de façon continue et pérennisée (PSD 2021-2025). Pour réussir à pérenniser l'œuvre et à en garder la maîtrise, il est nécessaire que les changements et transformations de l'espace universitaire soient stockés dans une base de données géospatiale. Selon Joliveau (2011), on ne peut parler de base de données géospatiale que si elle permet de résoudre des problématiques géographiques. En examinant les travaux de Joliveau (2011), il est constaté que de nombreux organismes, qu'ils soient publics ou privés, ont constitué, depuis vingt ans, des bases de données géospatiales à des échelles variables pour répondre à divers objectifs. Cependant, les thématiques, les objectifs poursuivis et les types de collaboration dans la collecte de données diffèrent d'une organisation à l'autre. Ces actions de constitution de bases de données géospatiales sont désormais réalisées au moyen de systèmes d'information géographique propres à chaque organisme, permettant à chacun de gérer, d'analyser et de diffuser ses propres données (Joliveau, 2011). En s'inspirant des idées de Joliveau (2011), la constitution d'une base de données géospatiale pour un SIG propre à l'Université de Lomé n'est pas une invention ou une découverte, mais plutôt une recommandation fondée sur les pratiques courantes faites dans d'autres organismes ou régions dans le monde. La base de données est la mémoire, elle retrace l'histoire et une analyse des données stockées permet de planifier les années à venir. La qualité des données est un aspect très important dans l'analyse de données à des fins décisionnelles. Une mauvaise qualité compromet les décisions. D'après Da Sylva (2017), l'évaluation de la qualité doit tenir compte du processus de production des jeux de données et d'éventuelles transformations qu'elles

auraient pu subir. Avec une base de données hébergeant des données de bonne qualité, il est possible de répondre aux questions : où ? quand ? comment ? combien d'IES dispose l'université ?

Les institutions ont de plus en plus besoin d'outils d'analyse et mettent en place des SIG pour faciliter la prise de décision. Les SIG ce sont révélés important ces dernières années et sont utilisés dans de nombreux domaines. La mise en ligne des SIG en utilisant les technologies Web et Internet a renforcé cela (Youbi, 2019). Dans un environnement académique en constante évolution, il est impératif pour l'Université de Lomé d'avoir des outils d'aide à la décision pour une gestion efficace des IES. Azizi et Kadjoudj (2017) parlent de la prise de décisions à référence spatiale. De cette manière, l'Université de Lomé pourrait maximiser l'utilisation de ses ressources tout en maintenant un environnement sûr et fonctionnel. Ce défi nécessite une approche systématique et innovante. Pour Elwood (2006), les SIG ont permis la prise de meilleures décisions dans les politiques urbaines. S'ils ont déjà prouvé leur efficacité dans la planification et la gestion des espaces urbains, en appliquant ces outils, l'Université de Lomé pourrait bénéficier de méthodologies testées et éprouvées. Ces outils ont le potentiel d'améliorer considérablement la qualité de vie sur le campus.

Une approche efficace pour maintenir un SIG pérenne et constamment actualisé est le développement et l'adoption d'une application web géospatiale spécifique. Cette application, en facilitant un SIG collaboratif et participatif, est directement liée à la base de données et centralise toutes les données géospatiales de l'Université de Lomé. Plusieurs études dont celle de Caquard (2001), Laurini (2004), Joliveau (2010), Mericskay et Roche, (2010), Joliveau (2011), Mericskay (2011), Peres (2018), présentent l'importance du SIG participatif. Selon ces auteurs, les applications web SIG sont venues bouleverser la conception et l'usage de l'information géographique en offrant la possibilité au grand public d'interagir avec les cartes et les données. Le partage de l'information géographique et de travail collaboratif a changé le visage de la carte. La carte devient interactive, dynamique, multimédia, mobile et surtout accessible au grand public. Pour Lévy et al., (2004) le SIG participatif est un outil permettant à la fois d'informer et de communiquer autour des projets, mais également d'aider la participation en offrant la possibilité de mettre sur le même plan, le présent, le prévisible et le souhaitable. La recherche présente s'attaque à des défis spécifiques tels que la confidentialité, et la sécurité des données géospatiales. Il est crucial pour l'Université de Lomé, en tant qu'institution, de produire ses propres données plutôt que de dépendre des sources libres telles qu'Open Street Map (OSM) et Google Earth. Les données issues de ces sources peuvent souvent être

imprécises, incomplètes et incohérentes. Cela souligne l'importance d'adopter un système participatif d'acquisition de données géospatiales au sein de l'Université de Lomé.

Par ailleurs, même la méthode de collecte des données pose problème. L'utilisation d'applications développées par des tiers ou des entreprises, telles que KoboCollect, Mobile Topographer ou Google Forms etc., présente des risques. Ces outils stockent les données sur leurs propres serveurs, ce qui peut compromettre la sécurité de l'Université de Lomé, d'où l'importance de développer sa propre application de collecte de données. Une telle application, propriété exclusive de l'Université de Lomé, permettrait de contourner les risques associés aux outils libres. Développer une application géospatiale multifonctionnelle qui soit la propriété de l'Université de Lomé est l'intérêt central de cette recherche.

Une insuffisance notable a été constatée : la base de données géospatiale incomplète que dispose l'université était détenue par une tierce personne sur son ordinateur personnel. Ceci représente un risque élevé de perte de données en cas de dommage à l'ordinateur. Pour remédier à ce problème, cette recherche propose de centraliser les données dans une seule application web. Cette application sera accessible partout par les administrateurs et les utilisateurs authentifiés, leur permettant non seulement de télécharger les données numériques en différents formats, mais également de collecter, stocker, analyser, visualiser et effectuer des mises à jour en temps record. Une solution similaire a été proposée en Haïti par les travaux de Ansoote et al. (2019). Les données pluviométriques étaient dispersées dans différentes bases de données des stations météorologiques en Haïti, dans des formats complexes, rendant ainsi leur accessibilité et leur analyse difficiles. La solution proposée était une application web centralisant les données dans une base de données au format CSV, facilitant ainsi leur téléchargement, leur analyse et visualisation. El Houjja et Hoebke (2023), dans leurs travaux, ont développé des solutions similaires pour résoudre le problème de centralisation des données dans une base de données et d'accessibilité des informations sur la biodiversité marine produites par les Services Nationaux d'Observation (SNO) au Maroc. Cette approche démontre l'importance de la centralisation des données et de leur accessibilité dans des formats spéciaux pour améliorer la gestion et l'analyse des informations géospatiales.

Les API proposées par les services web (géoweb) améliorent significativement les fonctionnalités des SIG interactif. Selon Joliveau (2011), le géoweb sert d'infrastructure aux services de géolocalisation associés aux interfaces mobiles, qu'il s'agisse de téléphones, d'ordinateurs ou d'autres appareils. Ces dispositifs se localisent soit par GPS, s'ils en sont équipés, soit via le réseau téléphonique 3G ou les bornes WiFi. Cela permet d'offrir des services

de mobilité ou la possibilité de suivre en temps réel la position de ses amis ou proches, dès lors qu'ils partagent le même service de localisation et autorisent l'accès à leur position (Joliveau, 2011). Ces outils informatiques apportent des solutions aux difficultés de localisation des différentes IES que rencontrent les nouveaux étudiants et les visiteurs de l'Université de Lomé. Habituellement, toute personne visitant l'Université de Lomé pour la première fois est obligée de se faire accompagner ou de se renseigner une fois sur le site, ce qui peut souvent conduire à des indications erronées et à des frustrations. Désormais, grâce à l'application web, il est possible de se repérer et de retrouver des lieux méconnus simplement en effectuant une recherche dans l'application. Cette solution innovante que propose cette recherche est particulièrement distinctive. L'application a la capacité de localiser les objets les plus proches en fonction de la position géographique de l'utilisateur. Par exemple, elle peut aider à trouver le parking le plus proche ou le robinet d'eau le plus proche, et guider l'utilisateur jusqu'à sa destination.

Il a été constaté que lorsque l'éclairage, la sonorisation ou la climatisation dans les amphithéâtres sont endommagés, l'information ne parvient pas rapidement aux autorités compétentes. Il peut falloir 15, 30, voire plus de 90 jours pour que l'information atteigne les décideurs. Ce problème est similaire pour les pannes de robinets d'eau ou les défaillances de l'éclairage public. Ces dysfonctionnements et la durée de leur résolution impactent directement les conditions d'étude et le bien-être de la communauté universitaire. Les SIG interactifs permettent de développer des applications spécifiques et adaptées à chaque besoin. Apparicio et al., (2022) constate que depuis plusieurs années, l'on assiste au Québec, comme ailleurs, à une multiplication des applications cartographiques sur Internet, produites par diverses équipes de recherche. Les plateformes géospatiales collaboratives utilisent des informations collectées volontairement, donnant lieu au concept de 'citoyen capteur', selon lequel chaque individu équipé d'un smartphone peut enregistrer et transmettre des observations géoréférencées (Goodchild, 2009). Les smartphones munis de GPS permettent à chaque citoyen de passer d'un rôle passif à un rôle actif dans le processus de production de données géographiques (Peres, 2018). Goodchild (2007) souligne que chaque citoyen peut être un producteur important d'information géographique. Au regard de ce qui précède, la quasi-totalité de la population de l'Université de Lomé est capable de participer à la gestion interactive des IES de l'université juste avec son téléphone mobile intelligent. Initialement, la géomatique était plus informative que participative, mais aujourd'hui, elle est devenue plus participative qu'informative. Les plateformes géospatiales collaboratives jouent un rôle intéressant au niveau de la participation

citoyenne. Cet avantage est exploité ici en proposant un système d'alerte semi-automatique qui permet de signaler les dysfonctionnements des IES de l'Université de Lomé par une plateforme géospatiale. Les administrateurs reçoivent ces alertes en temps réel sur l'application, ce qui permet de transmettre l'information aux décideurs pour une intervention rapide. Cette approche favorise une réactivité accrue de l'administration universitaire. De plus, l'analyse des données issues de ces différentes alertes émises permettra de diagnostiquer les problèmes fréquemment observés à l'université.

Une problématique similaire a été observée par Peres (2018) dans les villes du Québec. Lorsque des incidents affectent les infrastructures urbaines ou l'environnement, les équipes techniques des villes interviennent pour identifier et résoudre le problème, un processus souvent coûteux et lent. Les travaux de Peres (2018) ont proposé une solution géomatique basée sur des plateformes collaboratives impliquant les citoyens grâce aux téléphones mobiles intelligents. Désormais, les citoyens peuvent aider à détecter les infrastructures endommagées ou fournir des informations en cas de situations dangereuses (Peres, 2018). Peres (2018) a constaté que cette solution permet aux gestionnaires des villes de se rapprocher des citoyens et de prendre en compte leurs avis, en profitant de leur engagement volontaire pour détecter les problèmes urbains et environnementaux. L'application de la géomatique et de la technologie web représente une opportunité pour aborder les problèmes de gestion des infrastructures universitaires de manière interdisciplinaire.

Cependant, le développement d'une plateforme géospatiale interactive adaptée aux besoins spécifiques de l'Université de Lomé nécessite une analyse approfondie des données disponibles et une vision claire prédefinie.

Face à ce constat, on se pose la question de savoir, comment la géomatique peut-elle contribuer à la gestion durable et intelligente des IES de l'Université de Lomé ? De cette question naissent les questions suivantes :

- Comment une base de données géospatiale contribue-t-elle à la gestion des infrastructures de l'Université Lomé ?
- Comment une plateforme géospatiale peut-elle faciliter la navigation sur le campus, la mise à jour et la visualisation interactive des données relatives au IES ?
- Comment une plateforme géospatiale permet-elle d'identifier rapidement les problèmes d'infrastructures et de faciliter leur maintenance ?

1.2 Hypothèses

L'hypothèse principale de cette étude est : la géomatique peut contribuer à la gestion durable et intelligente des IES de l'Université de Lomé à travers une base de données de ces IES et d'une application web géospatiale. De l'hypothèse centrale, découlent trois hypothèses secondaires qui sont :

- une base de données géospatiale des IES de l'Université de Lomé est capable de faciliter leur gestion efficace et précise ;
- une plateforme géospatiale peut faciliter la navigation sur le campus, la mise à jour et la visualisation interactive des données relatives au IES ;
- l'utilisation de la plateforme permettrait de se localiser, d'identifier et de résoudre plus rapidement les dysfonctionnements des IES.

1.3 Objectifs

L'objectif général 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 ses IES. Trois objectifs sont issus de cet objectif principal :

- créer une base de données géospatiales et collecter les données sur les IES de l'Université de Lomé et pour un SIG ;
- concevoir et développer une plateforme géospatiale peut faciliter la navigation sur le campus, la mise à jour et la visualisation des données relatives aux IES de l'Université de Lomé ;
- intégrer un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures sur le campus universitaire de Lomé.

1.4 Clarification et définition des concepts

Pour garantir une lecture aisée et une bonne compréhension du document, il est essentiel de clarifier certains concepts employés.

Application web

Une **application web** est un programme informatique conçu pour fonctionner directement dans un navigateur Internet, sans nécessiter d'installation sur un appareil physique. Les applications web géospatiales constituent une sous-catégorie des plateformes et sont développées pour

répondre à des besoins spécifiques d'un service ou d'une entreprise, en se concentrant sur des problématiques particulières. Contrairement aux plateformes ouvertes au grand public, les applications web géospatiales sont souvent accessibles uniquement à une communauté cible comme une entreprise, une organisation etc., donnant accès aux données géographiques en ligne.

Démocratisation des données

La démocratisation des données, à ne pas confondre avec le concept de démocratie lié à la gouvernance politique, se réfère à l'accessibilité élargie et simplifiée des données au sein d'une organisation. Ce processus permet d'élargir l'accès aux informations à un public non spécialisé, permettant ainsi à tous les membres d'une organisation d'exploiter ces données sans recourir à des intermédiaires ou des spécialistes techniques. En éliminant les barrières, souvent liées à des compétences techniques ou à des contraintes organisationnelles, la démocratisation des données facilite la prise de décision informée à tous les niveaux de l'organisation. Dans le domaine de la géomatique, il s'agit de donner accès aux utilisateurs non spécialisés, tels que les décideurs et les citoyens, d'accéder à des données géospatiales, de réaliser des analyses et de participer activement à des processus décisionnels liés à un projet SIG. Dans le cadre du présent projet, la démocratisation des données se manifeste par l'accès simplifié aux informations géospatiales de l'Université de Lomé via une application web interactive, permettant ainsi à une diversité d'acteurs, notamment les dirigeants et les étudiants, de contribuer à la création de données et à la prise de décision sans nécessiter de compétences techniques en géomatique.

Données géospatiales

Les données géospatiales sont des informations qui décrivent des objets, des événements ou d'autres entités avec un emplacement sur ou près de la surface de la Terre (IMB,2024). Les données géospatiales combinent généralement des informations de localisation (généralement les coordonnées géographiques sur Terre) et des informations d'attribut (les caractéristiques de l'objet, de l'événement ou du phénomène concerné). Selon IMB (2024), les données géospatiales impliquent généralement de grands ensembles de données spatiales provenant de diverses sources dans différents formats et peuvent inclure des informations telles que des données de recensement, des images satellitaires, des données météorologiques, des données téléphoniques, des images dessinées et des données issues des réseaux sociaux.

Dans cette étude, les données géospatiales se réfèrent aux informations descriptives et

géométriques liées aux objets et concepts localisables sur le campus de l'Université de Lomé.

Équipement

En ce qui concerne l'**équipement**, le dictionnaire de l'académie française définit ce terme comme l'action de fournir et d'installer ce qui est nécessaire à la bonne utilisation ou au bon fonctionnement d'une maison, d'un atelier, etc. L'équipement peut ainsi inclure des outils, des machines et d'autres dispositifs qui facilitent la réalisation de tâches spécifiques.

Infrastructure

Le terme **infrastructure**, selon le dictionnaire Larousse (2022), se définit comme l'ensemble des ouvrages constitutifs d'une construction ou d'un ensemble d'installations, tels que les routes, voies ferrées et aéroports. Il englobe également les installations et équipements nécessaires à une collectivité, comme l'infrastructure commerciale d'une nouvelle ville. D'après le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (CNRTL), une infrastructure est perçue comme l'ensemble des installations permanentes qui conditionnent le fonctionnement d'un organisme ou d'une entreprise, ainsi que l'activité économique d'une région ou d'un pays. Cela peut inclure des infrastructures culturelles, routières, sanitaires, de communication, de transport et rurales.

Infrastructure et équipement socioprofessionnel

Dans cette étude, l'expression **infrastructure et équipement socioprofessionnel** fait référence à l'ensemble des infrastructures en surface, appelées suprastructures, ainsi qu'aux équipements associés. Cela inclut les ouvrages, installations, outils et matériels destinés à un usage public au sein de l'Université de Lomé. Ces éléments sont essentiels pour le bon fonctionnement des activités académiques et administratives, contribuant ainsi à l'amélioration de l'environnement d'apprentissage et des services offerts aux étudiants et au personnel. Cette expression fait également référence au patrimoine localisable qui, bien qu'il ne soit pas strictement classé comme infrastructure ou équipement, exerce une influence significative sur le cadre socioprofessionnel, en facilitant les interactions, les échanges et les activités socioprofessionnelles.

Plateforme web géospatiale

La notion de **plateforme web géospatiale** regroupe des définitions variées selon les auteurs, qui convergent toutefois sur l'idée d'un système en ligne conçu pour traiter et visualiser des

données géographiques. D'une manière générale, une plateforme web géospatiale se définit comme une application basée sur le web permettant de manipuler des données géospatiales pour diverses analyses et visualisations, accessible depuis un navigateur sans nécessiter de logiciel local. Peterson (2014) décrit les plateformes web géospatiales comme des systèmes qui facilitent l'accès, la visualisation et le traitement de données spatiales en ligne, leur donnant une portée plus large en raison de leur accessibilité accrue et de leur capacité à intégrer plusieurs sources de données géographiques en temps réel. D'autres auteurs, comme Haklay et al. (2008), insistent sur la dimension collaborative de ces plateformes, affirmant qu'elles permettent non seulement la visualisation de données géographiques, mais aussi la participation et l'interaction entre plusieurs utilisateurs. Ils considèrent que cette collaboration, permise par des fonctionnalités de partage et de commentaires en ligne, améliore les capacités d'analyse collective et de prise de décision, notamment dans des contextes de planification territoriale ou de gestion environnementale.

Dans cette étude, la **plateforme web géospatiale** est définie comme un système d'information géographique en ligne accessible depuis un navigateur web. Elle fournit des outils pour acquérir, traiter, analyser et visualiser des données relatives aux IES de l'Université de Lomé. Grâce à des technologies de cartographie dynamique, cette plateforme permet à la communauté universitaire de collaborer efficacement dans la gestion des IES de l'Université de Lomé. Elle aide également les utilisateurs à se localiser et à repérer facilement les lieux de leur choix.

Technologie géospatiale

Selon IBM (2024), la technologie géospatiale désigne l'ensemble des technologies nécessaires à la collecte, au stockage et à l'organisation de l'information géographique. Elle inclut la technologie satellite, qui rend possible la cartographie, ainsi que plusieurs technologies connexes telles que les systèmes d'information géographique, les systèmes de positionnement global, la géoprotection et la télédétection. Dans cette étude, le terme "technologie géospatiale" fait référence à l'ensemble des technologies et des connaissances nécessaires à la collecte, au traitement, à l'analyse et à la visualisation des données géographiques.

Téléphone mobile intelligent

Un téléphone mobile intelligent, également connu sous le nom de smartphone, est un appareil électronique portable qui allie les fonctionnalités d'un téléphone mobile à celles d'un ordinateur de poche. Le terme "téléphone mobile intelligent" est une traduction littérale de l'anglais

"smartphone", composé de "smart" (« intelligent ») et "phone" (« téléphone »). Un téléphone mobile intelligent est un appareil électronique portable doté d'un système d'exploitation qui combine des fonctions de téléphonie avec des capacités avancées de traitement des données, d'accès à Internet et d'exécution d'applications diverses. Contrairement aux téléphones mobiles classiques qui servent uniquement à la téléphonie, les téléphones mobiles intelligents permettent de naviguer sur Internet, d'utiliser des services de géolocalisation (GPS), et d'interagir avec des applications mobiles téléchargeables via des plateformes spécialisées. Ils sont équipés d'écrans tactiles et de multiples options de connectivité (Wi-Fi, Bluetooth, etc.), facilitant l'accès aux informations. Dans cette étude, le téléphone mobile intelligent est mis en avant comme un outil indispensable pour la collecte des données géospatiales sur le terrain mais un également un outil desservant la plateforme web géospatiale « MonCampus ». Son utilisation sur le terrain permet non seulement de saisir des données, mais aussi de les intégrer immédiatement dans la base de données géospatiales.

CHAPITRE II : CADRE GÉOGRAPHIQUE

L'étude de la situation géographique d'une zone est importante pour comprendre ses caractéristiques, 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, l'intérêt est pointé sur la situation géographique, les caractéristiques physique et humaine, l'évolution historique et géographique de l'Université de Lomé.

2.1 Situation géographique

Limitée au nord par la rue Avenue RPT, au sud par le quartier Tokoin Doumasséssé, à l'est par le Boulevard Eyadema, au nord-ouest par le quartier Lomégan, au sud-ouest par le quartier Klikamé, l'Université de Lomé a une superficie de 211,97 hectares (donnée de laboratoire, mars 2024). Elle est située dans la partie méridionale ouest de la Région Maritime dans la préfecture du Golfe, et est comprise entre $6^{\circ}10'1''$ et $6^{\circ}11'17''$ de l'attitude nord et $1^{\circ}12'27''$ et $1^{\circ}13'17''$ longitude est. La figure 1 présente la carte de la situation géographique de l'Université de Lomé.

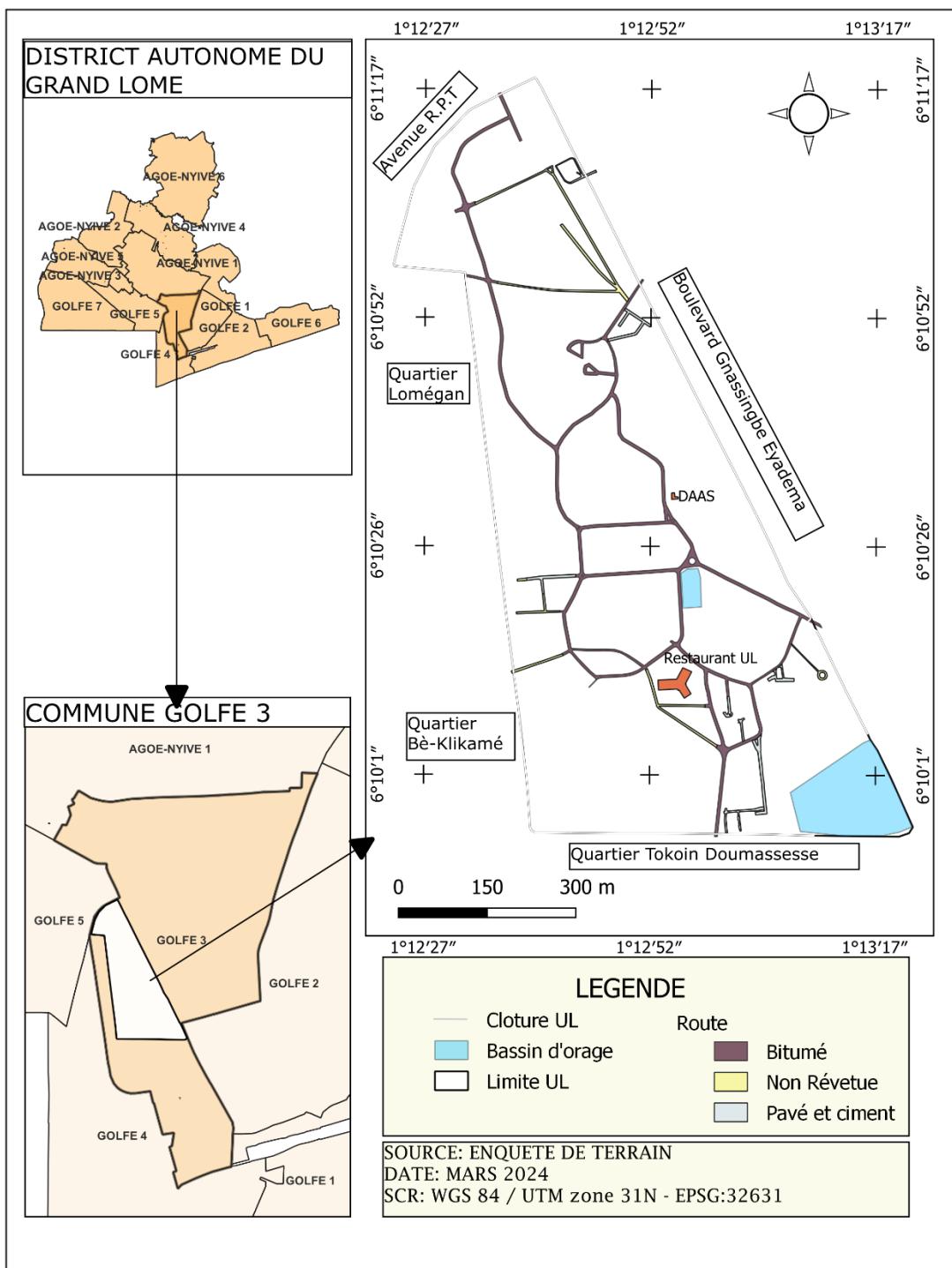


Figure 1: Situation géographique de l'Université de Lomé.

Source : Enquête de terrain, Mars 2024

2.2 Caractéristiques physiques et relation géographique

La topographie de l'Université de Lomé est marquée par des variations subtiles. C'est un relief monotone et très faiblement contrasté. Le climat est de type équato-guinéen avec deux saisons

pluvieuses alternant avec deux saisons sèches comme suit :
une grande saison des pluies de mi-mars à mi-juillet ;
une petite saison sèche de mi- juillet à mi-septembre ;
une petite saison de pluies de mi-septembre à mi-novembre et
une grande saison sèche de mi- novembre à mi-mars.

L'Université de Lomé comme, la préfecture du Golfe reçoit en moyenne 900 mm de pluie s'étalant sur 60 à 90 jours par an. Cependant, il est observé des anomalies climatiques ces dernières années qui rendent incertaines les saisons de pluies dans la Région Maritime (DRDATRM, 2009).

Les variations thermiques sont assez faibles. Les températures les plus élevées sont observées en février (32°C) et les minima en juillet-août (21°C) (DRDATRM, 2009).

La végétation sur le campus comprend des espaces verts naturels, 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 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 géographique et social et contribuent à la dynamique de la vie universitaire.

2.3 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 Togo 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'évolution de la zone d'étude au fil des décennies a été marquée par des changements significatifs, dont la redéfinition des limites entre l'an 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, le réseau de télécommunication, ainsi que des

projets environnementaux tels que la plantation d'arbres, des espaces verts et des bassins d'orage, ont transformé le campus par une stratégie quinquennale nommée « *Plan Stratégique de Développement* ». La transformation continue de la géographie du campus, offre simultanément des opportunités d'épanouissement de l'homme et des défis comme la maintenance de ses installations et l'exploitation optimale de l'espace du campus. La mise en place d'une base de données de l'existant et d'un SIG permettant de recueillir des informations sur chaque installation sera un moyen de garder une vue sur l'espace géographique en constante transformation.

2.4 Population étudiante et enseignante

En 2020 selon le PSD 2021-2025, l'effectif des enseignants permanents s'élevait à 575, dont 63 femmes et 512 hommes, représentant une proportion de 12% de femmes enseignantes. Par ailleurs, 36,36% des enseignants occupaient des postes administratifs non pédagogiques à la même date. Le nombre total d'étudiants était de 67 092, avec une proportion de 53,08% d'étudiantes. La répartition des étudiants par filière montre que 17,35% étaient inscrits dans les filières scientifiques et technologiques, 4,32% dans les filières des sciences de la santé, 16,88% dans les filières littéraires, 18,51% dans les sciences humaines, 0,26% dans les sciences de l'éducation, 12,69% dans les filières juridiques, 27,72% dans les sciences économiques et de gestion, et 2,27% dans les sciences agronomiques.

2.5 Contraintes géographiques

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 de l'Université de Lomé, abondamment recouvert de végétation, pose des défis naturels à la collecte de données et peut influencer la précision ou l'exactitude des coordonnées géographiques.

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 dans cette recherche. Elles peuvent engendrer des défis en termes de collecte de données, prolonger la durée de la recherche et augmenter les coûts associés.

Conclusion

La zone d'étude est clairement délimitée avec des frontières précises, offrant un cadre géographique structuré pour cette recherche. L'Université de Lomé est choisie stratégiquement en raison de la diversité de ses infrastructures, de sa population éduquée et des changements géographiques notables observés au fil des ans. Ces éléments font de l'université un site idéal pour le développement de plateformes géospatiales interactives. La topographie plane, le climat équato-guinéen et le riche couvert végétal, combinés aux interactions complexes entre les zones académiques, résidentielles, commerciales et de loisirs, montrent la diversité et la complexité de l'environnement de l'Université de Lomé.

Enfin, l'Université de Lomé offre un cadre géographique riche et varié, propice pour cette recherche même si les contraintes ne sont pas négligeables.

CHAPITRE III : APPROCHE METHODOLOGIQUE

L'approche méthodologique adoptée repose sur les objectifs définis, ce qui a guidé le choix des outils de modélisation, de collecte, de manipulation et de représentation des données.

3.1 Acquisition de données Outils : utilitaire de collecte et de manipulation de données

Les outils de collecte et de manipulation des données sont choisis en fonction des objectifs, de manière que l'atteinte de chaque objectif soit indépendante des autres. Ceci permet un suivi clair et sans ambiguïté à chaque étape.

3.1.1 Création de la base de données géospatiale et collecte de données sur les IES de l'Université de Lomé.

- Récepteur GPS différentiel : pour collecter les données géographiques précises des infrastructures sur le terrain.
- Carnets d'enquête ou applications mobiles *Qfield* : pour mener des enquêtes sur le terrain et recueillir des données.
- Les téléphones mobiles intelligents comme support de collecte de données.
- Logiciel SIG QGIS : pour programmer le projet de collecte de données, épurer et analyser les données collectées.

3.1.2 Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale.

- 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 et Python : pour les cartes interactives (Leaflet) pour afficher les données géospatiales sur la carte interactive.
- Environnement de développement intégré (IDE) : Visual Studio Code est utilisés pour faciliter la programmation et le débogage.

3.1.3 Intégration d'un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures sur le campus de l'Université 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 géospatiale comme Google Maps API pour les cartes web et GeoAlchemy pour les interactions avec la base.

3.2 Méthode de traitement et de transformation des données

Les figures 2,3,4 et 5 détaillent les étapes des opérations par objectif, depuis la collecte de données, sélection des technologies jusqu'à la validation des fonctionnalités. Chaque étape est liée à un objectif et vise à atteindre les résultats attendus.

3.2.1 Crédit de la base de données géospatiales et collecte de données sur les IES de l'Université de Lomé

- Étape 1 : analyse des besoins.

La première étape consiste à identifier les différentes catégories d'infrastructures à collecter. Il est essentiel de déterminer quelles informations doivent être recueillies pour chaque catégorie afin de répondre aux objectifs du projet.

- Étape 2 : conception de la base de données.

Une fois les besoins identifiés, il faut élaborer un modèle conceptuel de la base de données qui représente les données de manière abstraite. Ensuite, un modèle logique est créé pour définir la structure des données sans se préoccuper des détails techniques. Enfin, un modèle physique est conçu pour détailler comment les données seront effectivement stockées dans la base de données.

- Étape 3 : collecte des données.

La collecte des données utilise diverses sources, telles que les images satellitaires, les données de terrain et les données secondaires. Les techniques appropriées pour cette collecte incluent la télédétection, le géo-positionnement et les enquêtes sur le terrain.

- Étape 4 : nettoyage et validation des données.

Les données collectées doivent être nettoyées pour éliminer les erreurs et les données incomplètes. La vérification de la cohérence des données pour s'assurer de leur fiabilité est importante.

- Étape 5 : stockage des données.

Enfin, les données validées sont stockées dans une base de données géospatiale. Les figures 2 et 3 illustrent la méthodologie de l'objectif 1.

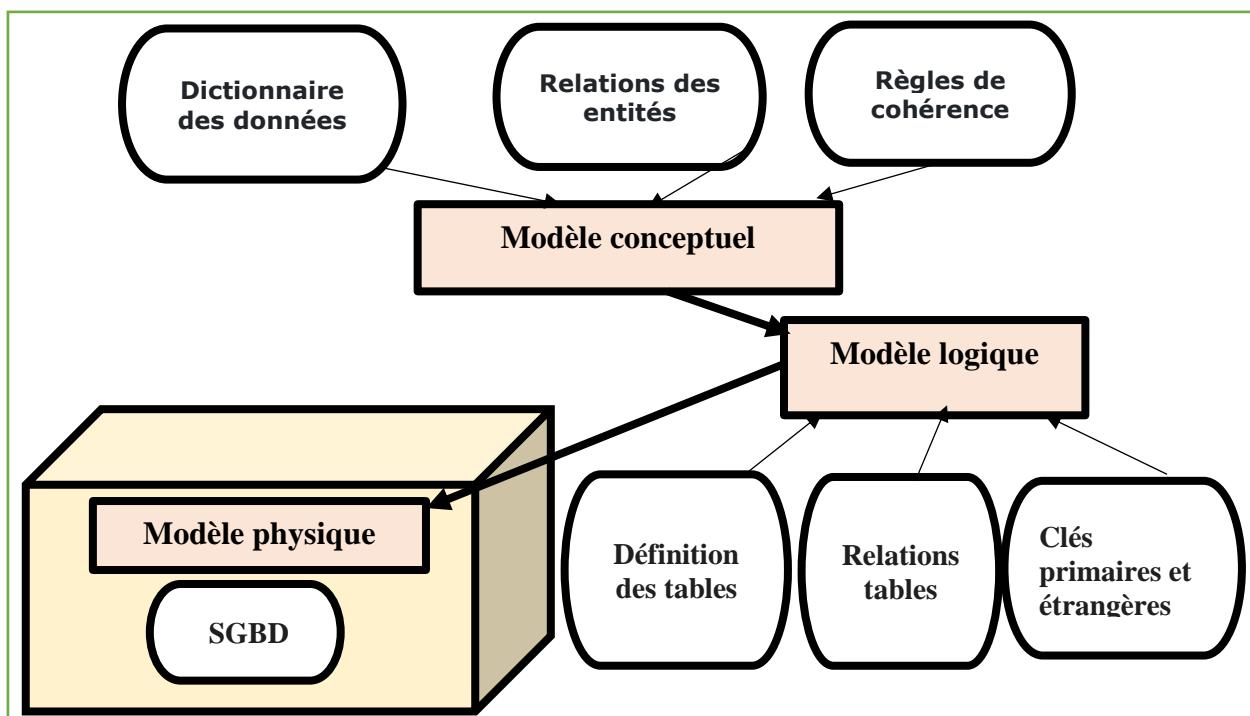


Figure 2: Illustration de la méthodologie de création de la base de données.

Source : Conception réalisée par Dira-Bariga SAGUINTAAH, janvier 2024.

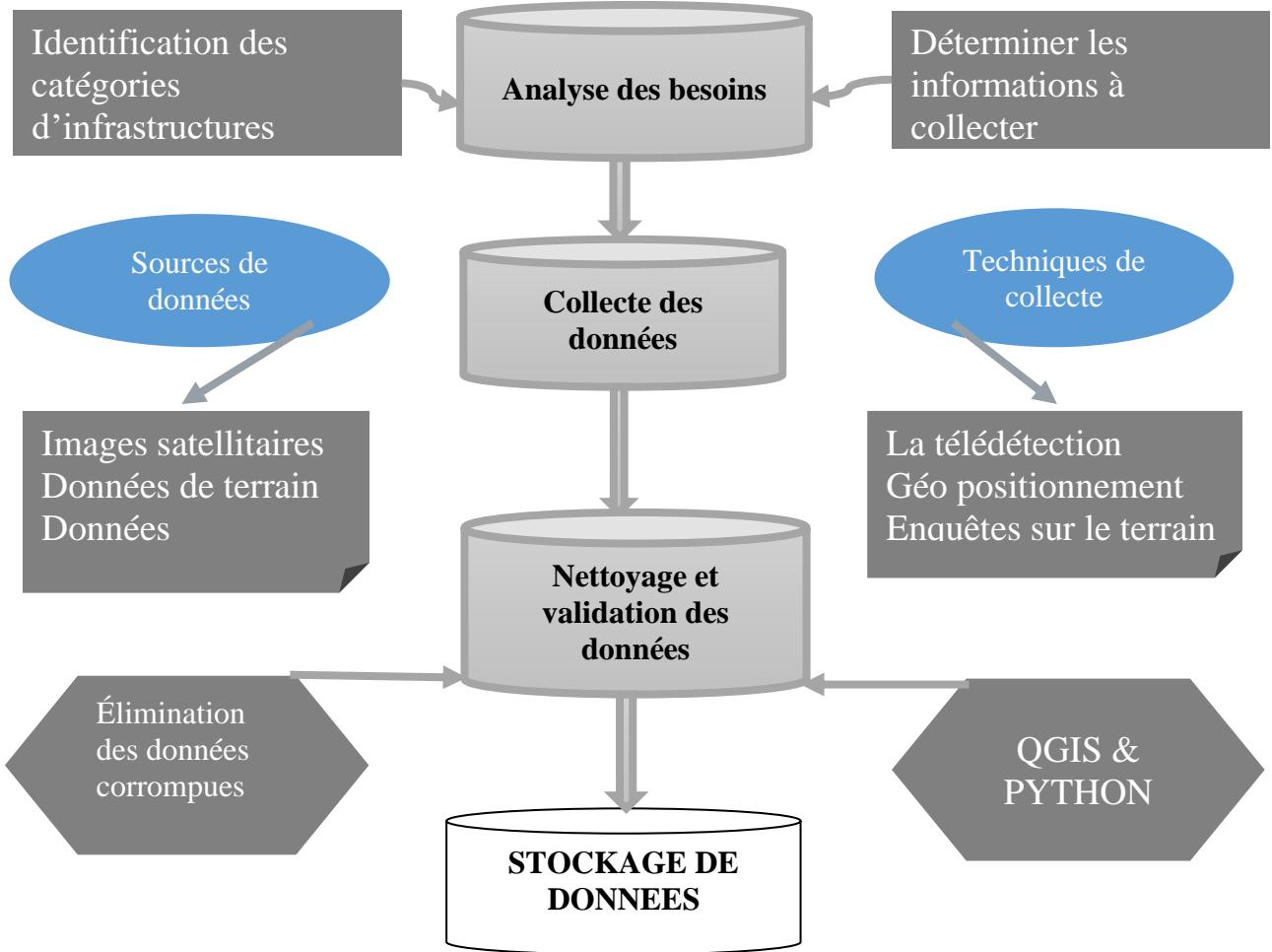


Figure 3: Illustration de la méthodologie d'acquisition de données.

Source : Conception réalisée par Dira-Bariga SAGUINTAAH, janvier2024.

3.2.2 Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale

- Étape 1 : analyse des besoins.

La première étape consiste à identifier les fonctionnalités nécessaires pour l'application. Il est également important de définir les exigences techniques pour garantir que la plateforme pourra fonctionner correctement.

- Étape 2 : développement de la plateforme.

Avec les besoins clairement définis, la deuxième étape implique l'utilisation de technologies et d'outils appropriés pour développer l'application.

- Étape 3 : tests de la plateforme.

Une fois l'application développée, elle doit être testée pour s'assurer qu'elle répond bien aux besoins et aux exigences initiales. La figure 4 dessine la méthodologie de l'objectif 2.

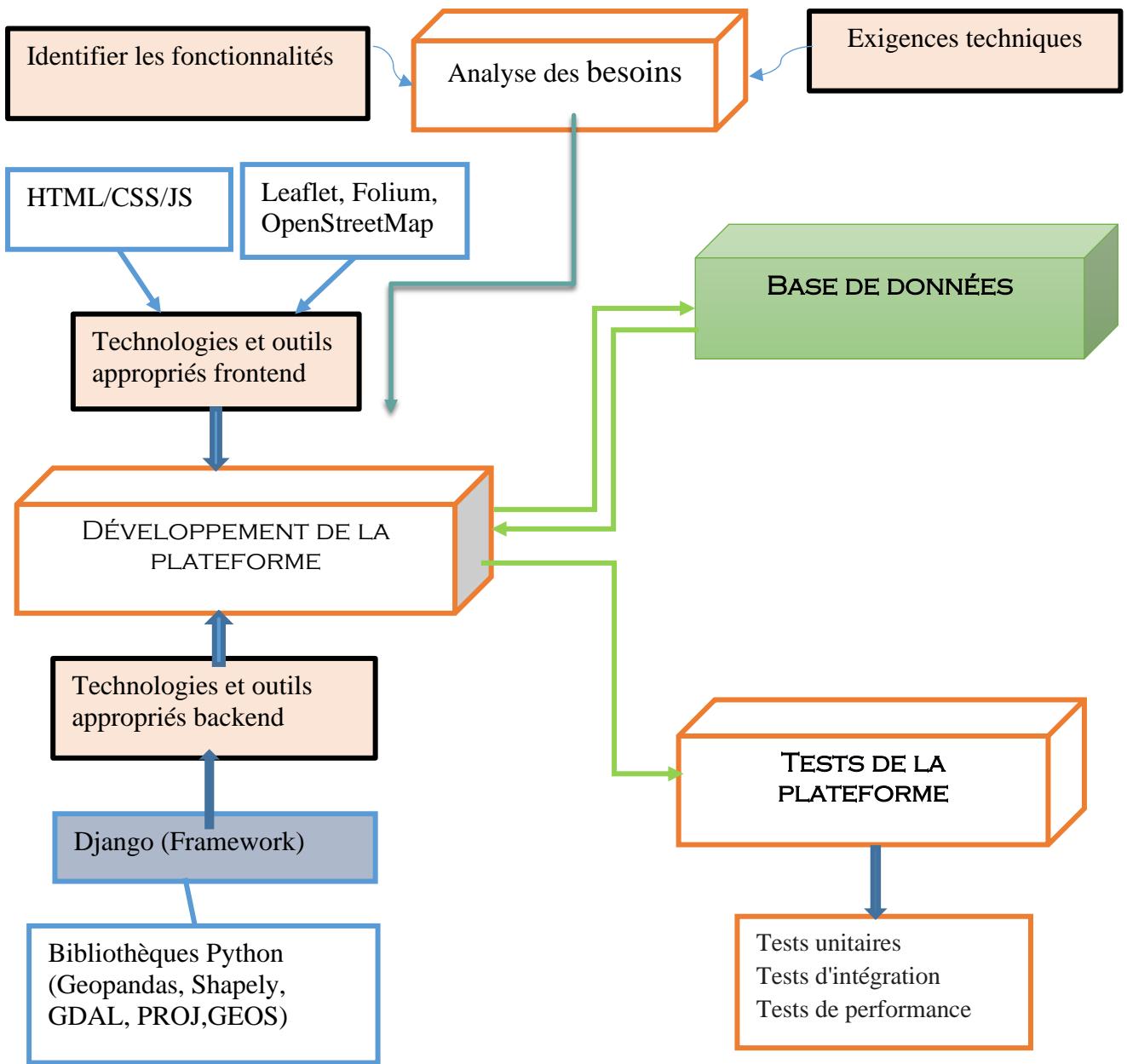


Figure 4: Illustration de la méthodologie de développement de l'application web.

Source : Conception réalisée par Dira-Bariga SAGUINTAAH, janvier2024.

3.2.3 Système d'alerte pour la maintenance des infrastructures de l'Université de Lomé

- Étape 1 : identification des besoins :

la première étape consiste à identifier les analyses spatiales nécessaires pour la gestion des IES.

- Étape 2 : intégration des fonctions d'analyses spatiales :

ensuite, il faut développer les fonctionnalités d'analyses spatiales requises.

- Étape 3 : tests et validation des fonctions d'analyses spatiales :

enfin, les fonctionnalités doivent être testées pour s'assurer qu'elles répondent aux besoins identifiés. La figure 5 reflète la méthodologie de l'objectif 6 de la recherche.

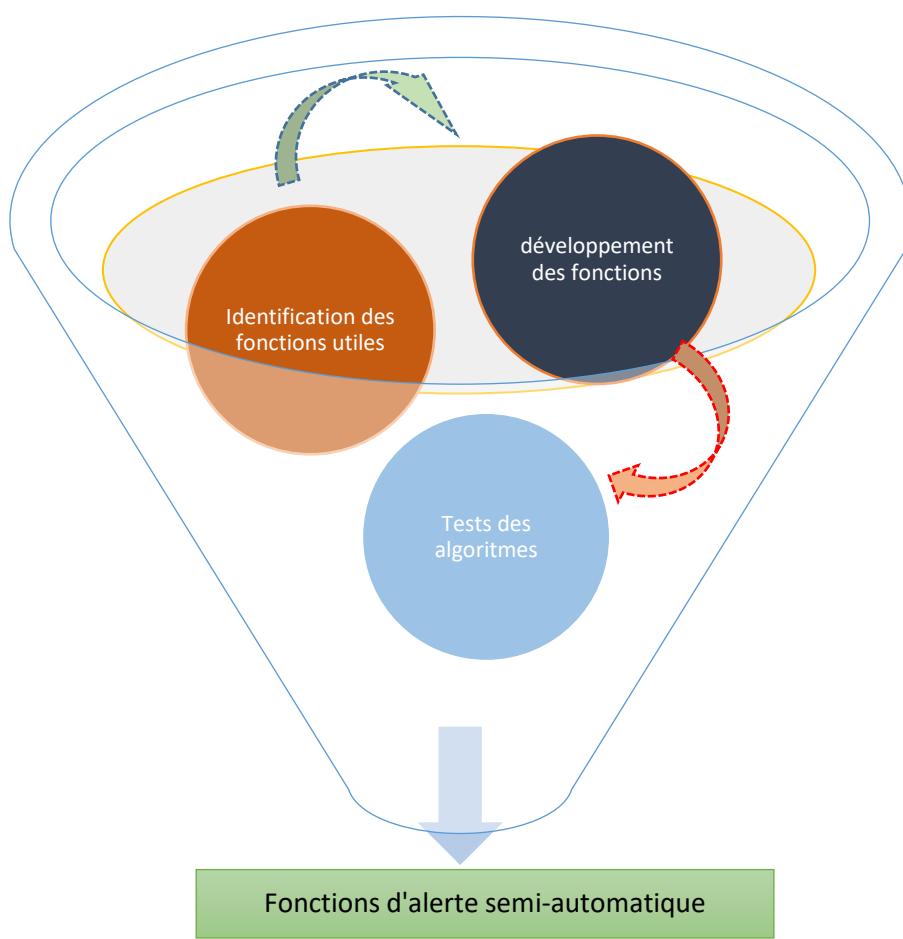


Figure 5: Illustration de la méthodologie de développement du système d'alerte.

Source : Conception réalisée par Dira-Bariga SAGUINTAAH, janvier2024.

3.3 Analyse des besoins fonctionnels de l'application

3.3.1 Cahier des charges

Tel que la problématique et les objectifs de la recherche le révèlent, le cahier des charges par objectif se comporte comme suit :

3.3.1.1 Création d'une base de données géospatiales et collecte de données sur les IES

- Inventorier les IES
- Elaborer un dictionnaire de données
- Créer une BD
- Collecter les données relatives au IES
- Epurer les données collectées
- Intégrer les données épurées dans la BD

3.3.1.2 Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale

- Un tableau de bord administrateur affichant des données pertinentes de la BD :
 - données des IES ;
 - données des utilisateurs.
- Une page permettant de télécharger des données des IES sous les formats CSV, GeoPackage et Geojson à partir de l'application web.
- Des fonctionnalités d'analyse spatiale comme les buffers, analyse proximité, densité de point et de calcul de mesures.
- Une carte de base dynamique et interactive des données de la BD.
- Des cartes thématiques interactives.
- Des fonctionnalités permettant de collecter les nouvelles IES à partir de l'application
- Des fonctionnalités permettant de partager sa position géographique via WhatsApp
- Des fonctionnalités permettant de retrouver des IES les plus proches à sa position
- Des fonctionnalités permettant la mobilité sur le campus.

3.3.1.3 Intégration d'un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures

- Des fonctionnalités d'alerte permettant de diagnostiquer les dysfonctionnements des IES :
 - émission d'alertes via une boîte de messagerie spécifique ;
 - réception en temps réel des alertes sur le tableau de bord des administrateurs.

3.3.2 Les acteurs et leurs rôles

Identifier les acteurs (consommateurs de l'application) est une étape importante dans un projet de développement d'application. Cela permet d'éclairer et d'orienter le chercheur pendant le développement. Le tableau 1 montre les acteurs et leurs rôles, en particulier ceux qui peuvent utiliser le produit fini de cette recherche.

Tableau 1: Rôle des acteurs humains.

ACTEURS	ROLE
Administrateur système	Chargé de gérer les comptes des utilisateurs et d'attribuer les permissions. Il a le contrôle total sur l'application et effectue la maintenance.
Agents de terrain (étudiants formés à cet effet)	Observer les récents changements infrastructurels et les numériser pour actualiser la base de données
Grand public (Étudiants, personnel et visiteurs)	Ce sont les utilisateurs quotidiens des fonctionnalités de base de l'application.

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.3 Description des cas d'utilisation

La description des cas d'utilisation d'une application web consiste à détailler les différentes interactions possibles entre les utilisateurs (ou acteurs) et l'application. Chaque cas d'utilisation décrit un scénario spécifique où l'utilisateur interagit avec le système pour atteindre un objectif particulier.

3.3.3.1 Fonctionnalité « Crédit de comptes »

Le tableau 2 illustre le scénario à suivre pour créer un compte utilisateur.

Tableau 2: Scénario de création de comptes utilisateur.

Nom	Création de comptes
Résumé	Il s'agit de s'enrouler dans la base de données des utilisateurs et avoir un identifiant et mot de passe
Acteur	Tous
Précondition	Aucune
Scénario nominal	Clique sur la page « s'inscrire » Remplir les champs pour créer un compte utilisateur. Enregistrer le formulaire et recevoir un message de succès
Exception	Si les caractères spéciaux ne figurent pas dans le mot de passe ou le nom d'utilisateur existe déjà.
Post condition	Compte créé avec succès. Une page de connexion s'affiche

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.3.2 Fonctionnalité « Authentification »

Le tableau 3 illustre les étapes à suivre pour s'authentifier et accéder aux fonctionnalités de l'application web.

Tableau 3: Etape d'authentification

Nom	Authentification (se connecter à l'application)
Résumé	Entrer des identifiants de sécurité et accéder à l'application
Acteur	Tous
Précondition	Avoir créé précédemment un compte utilisateur
Scénario nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Cliquer sur la page de connexion • Le formulaire de connexion s'affiche • Entrer l'identifiant et le mot de passe • Cliquer sur « se connecter »
Exception	Information de connexion erronée
Post condition	Accès aux fonctionnalités de l'application

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.3.3 Fonctionnalité « Administration du système »

Le tableau 4 présente les prérequis pour accéder et interagir avec les fonctionnalités de l'application web en tant qu'administrateur de l'application.

Tableau 4: Authentification de l'administration du système.

Nom	Administration du système
Résumé	C'est le géomaticien ou autre personne qualifiée
Acteur	Super utilisateur
Précondition	Il faut être authentifié, être un administrateur et avoir la permission
Scénario nominal	Le système lui affiche la page de l'administration système.
Exception	Il y a exception lorsqu'il n'est pas administrateur
Post condition	Il a le pouvoir de modifier les informations dans la base de données des infrastructures et celle des utilisateurs, notamment supprimer, ajouter et faire des mises à jour. Il reçoit des alertes émises par les autres utilisateurs et est en contact avec l'autorité universitaire. Il analyse les données des IES. Il est chargé de fournir des données sur demande autorisée. Il a la main mise sur tout le système.

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.3.4 Fonctionnalité « Collecte de données »

Le tableau 5 illustre le scénario à suivre pour les acteurs chargés d'utiliser l'application en tant qu'agents spéciaux de collecte de données et d'actualiser les données de la base de données.

Tableau 5: Cas d'utilisation de fonctionnalité « Collecte de données ».

Nom	Collecte de données
Résumé	Collecter des données, c'est-à-dire numériser les nouveaux IES dans la base de données, ou supprimer celles qui existent dans la base de données mais n'existent plus dans l'environnement universitaire.
Acteur	Etudiant (personnelle formé spécifiquement)
Précondition	Il faut être authentifié et avoir la permission
Scénario nominal	<ol style="list-style-type: none">1. Accéder à l'application2. Cliquer sur le bouton « Collecter »3. Choisir le formulaire correspondant à l'IES4. Remplir le formulaire et enregistrer
Exception	Les champs requis (non nuls) du formulaire ne sont pas remplis ou la précision est mauvaise.
Post condition	Les nouveaux enregistrements sont sauvegardés.

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.3.5 Fonctionnalité « Effectuer une alerte »

Le tableau 6 illustre le scénario à suivre pour signaler un dysfonctionnement d'un IES.

Tableau 6: Scénario à suivre pour signaler un dysfonctionnement d'un IES.

Nom	Effectuer une alerte
Résumé	Il s'agit d'émettre des alertes pour signaler une panne ou un dysfonctionnement d'une IES.
Acteur	Les étudiants, le personnel et les visiteurs
Précondition	Il faut être authentifié
Scénario nominal	<ol style="list-style-type: none">1. Accéder à l'application2. Cliquer sur le bouton « Alerter »3. Choisir la catégorie d'alerte4. Remplir le formulaire et soumettre
Exception	Formulaire invalide ou incomplet
Post condition	L'émission d'alerte est envoyée

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.3.6 Fonctionnalité « Mobilité et recherche des IES à proximité »

Le tableau 7 décrit comment les utilisateurs peuvent localiser les IES les plus proches en utilisant l'application et être guidés jusqu'à leur destination.

Tableau 7: Cas d'utilisation « Mobilité et recherche des IES à proximité ».

Nom	Mobilité et recherche des IES à proximité
Résumé	Cette fonctionnalité permet de naviguer sur le campus étant guidé par l'application. De se localiser et partager sa position via WhatsApp
Acteur	Les étudiants, le personnel et les visiteurs
Précondition	Avoir accès à l'internet via wifi ou donnée mobile
Scénario nominal	<ol style="list-style-type: none">1. Accéder à l'application2. Cliquer sur le bouton « Navigation »3. Taper dans la barre de recherche le mot clé du lieu ou d'IES4. Lancer la recherche5. Les résultats s'affichent par tri : les plus proches en premier6. Cliquer sur « aller » pour être guidé par google Maps
Exception	Mauvaise précision fournie par le téléphone.
Post condition	Départ et arrivé à destination avec succès

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.3.7 Fonctionnalité « Visualisation des cartes »

Le tableau 8 décrit le scénario à suivre pour explorer les cartes interactives d'analyse spatiale dans l'application.

Tableau 8: Cas d'utilisation « Visualisation des cartes ».

Nom	Visualisation des cartes
Résumé	Il s'agit d'explorer les cartes interactives en découvrant les caractéristiques de chaque IES et bien d'autres
Acteur	Les étudiants, le personnel et les visiteurs
Précondition	Avoir accès à l'internet via wifi ou donnée mobile
Scénario nominal	<ol style="list-style-type: none">1. Accéder à l'application2. Cliquer sur le bouton « carte de base » ou « analyse spatiale »3. Choisir le type de carte4. Explorer la carte
Exception	Le non'accès à l'internet
Post condition	Interaction avec les données : les cartes interactives <ul style="list-style-type: none">• Agrandir l'échelle de visionnage• Cocher ou décocher les couches et thèmes• Zoomer et dézoomer• Analyser et comprendre la carte

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.4 Diagramme de cas d'utilisation

Le diagramme de cas d'utilisation est un type de diagramme qui représente graphiquement les interactions entre les utilisateurs et le système d'une application web ou mobile. Il offre une vue d'ensemble du comportement fonctionnel d'un système. Ce diagramme met en évidence les différents cas d'utilisation du système, chaque cas d'utilisation représentant une ou les fonctionnalités que l'application offre aux utilisateurs.

3.3.4.1 Diagramme de cas d'utilisation de l'Administrateur du système

La figure 6 présente le diagramme de cas d'utilisation de l'administration du système.

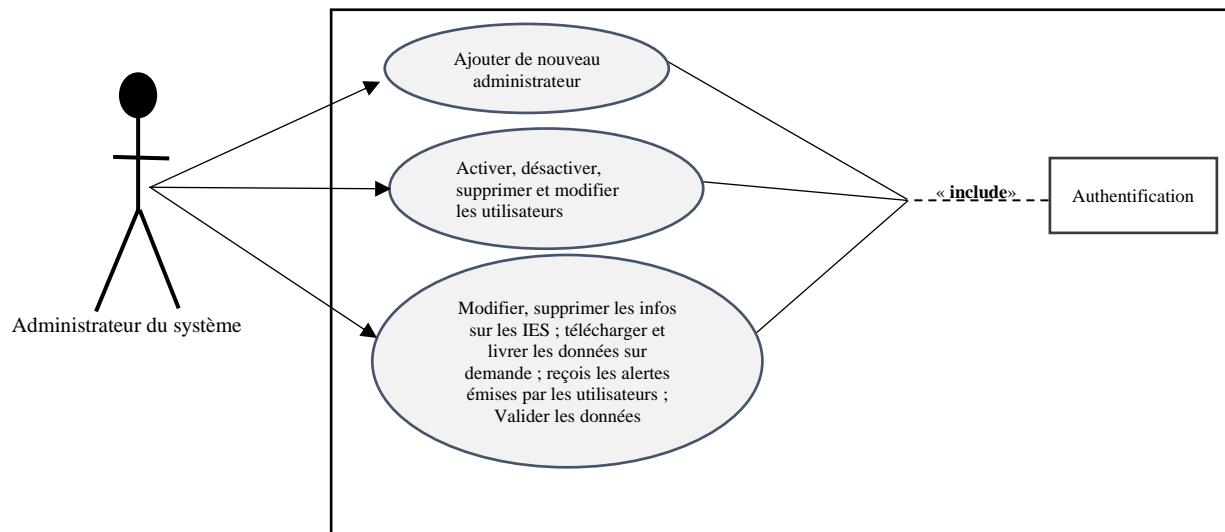


Figure 6: Diagramme de cas d'utilisation de l'administration du système

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.4.2 Diagramme de cas d'utilisation du grand public

La figure 7 présente le diagramme de cas d'utilisation du grand public, montrant les fonctionnalités de base accessibles à tous les utilisateurs.

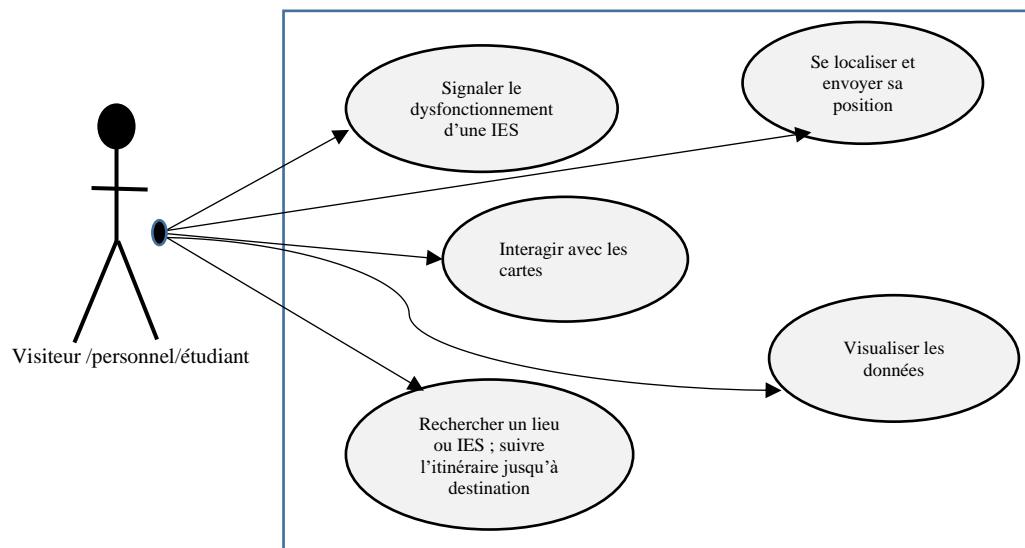


Figure 7: Diagramme de cas d'utilisation du grand public.

Source : Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.

3.3.4.3 Diagramme de cas d'utilisation des agents de collecte de données

La figure 8 présente le Diagramme de cas d'utilisation des agents de collecte de données.

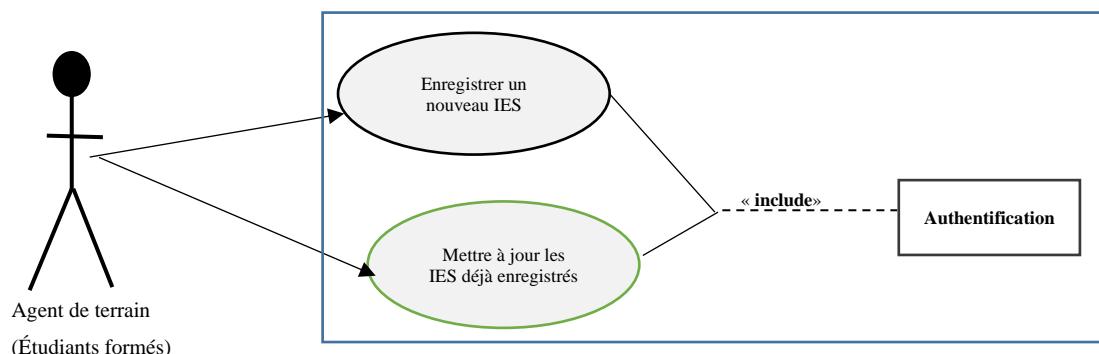


Figure 8: Diagramme de cas d'utilisation des agents de collecte de données

Source : *Dira-Bariga SAGUINTAAH, juin 2024.*

3.4 Technologies utilisées

3.4.1 Présentation des outils de développement

Conda

Conda est un gestionnaire de paquets et d'environnements open-source qui facilite la gestion des dépendances et l'installation de logiciels. Il est particulièrement utile pour créer des environnements virtuels isolés, permettant aux développeurs de gérer différentes versions de bibliothèques et de paquets sans conflit. Conda est largement utilisé dans les communautés scientifiques et de science de donnée, notamment avec Python et R, pour sa capacité à gérer des dépendances complexes et à installer des paquets précompilés.

Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) est un éditeur de code source gratuit et open-source développé par Microsoft. Il est particulièrement populaire parmi les développeurs en raison de sa légèreté, de sa rapidité et de sa grande extensibilité. VS Code prend en charge de nombreux langages de programmation grâce à ses nombreuses extensions disponibles sur son marché.

Vertabelo

Vertabelo est un outil en ligne de modélisation de base de données qui permet de concevoir et de visualiser des schémas de bases de données relationnelles. Vertabelo prend en charge

plusieurs systèmes de gestion de bases de données, y compris PostgreSQL, et permet de générer des scripts SQL pour créer les bases de données à partir des modèles conçus. De plus, il intègre des fonctionnalités pour les données géospatiales, permettant aux utilisateurs de définir et de manipuler des types de données spatiales, ce qui est essentiel pour les applications en géomatique. Cet outil est particulièrement utile pour les développeurs et les architectes de bases de données qui cherchent à optimiser le processus de conception et à garantir la cohérence et l'intégrité des données dès le départ.

PostgreSQL

Pour ce travail, le modèle de base de données relationnel et le système de gestion de base de données PostgreSQL sont choisis en raison de leur capacité à structurer les données en tables, à manipuler aisément les données géospatiales et pour leur fiabilité en termes de contraintes d'intégrité et de sécurité. PostgreSQL est également disponible sous une licence libre et gratuite. Les SGBD relationnels se caractérisent par un schéma rigide nécessitant des données structurées, stockées dans des tables constituées de lignes et de colonnes. Chaque table possède un certain nombre de colonnes avec un type de données fixé à l'avance, et les tables sont normalisées pour éviter les redondances (Holemans, 2017). Les tables peuvent être liées par des clés communes, offrant une grande flexibilité pour modéliser des structures de données complexes. Des travaux antérieurs, tels que ceux de Cornuéjols (2009), Teorey et al. (2011), Elmasri et Navathe (2016), Coronel et al. (2020), et Enrique (2021), décrivent les méthodes les normes de création de BD.

Le langage SQL est utilisé pour interroger et manipuler les données dans les bases de données relationnelles, facilitant l'apprentissage et l'utilisation de ces bases (Enrique, 2021).

Django

Django est un puissant Framework web open-source basé sur le langage Python, qui facilite le développement rapide et sécurisé d'applications web. Il suit le modèle MVC (Modèle-Vue-Contrôleur) et inclut de nombreuses fonctionnalités intégrées pour simplifier la gestion de la base de données, l'authentification des utilisateurs et la création de formulaires. Django bénéficie également d'une large communauté active, ce qui en fait un choix solide pour des projets de grande envergure. GeoDjango, une extension de Django, est spécialement conçue pour les applications géospatiales. Elle permet de stocker, manipuler et interroger des données géospatiales de manière efficace, en s'appuyant sur des bases de données comme PostgreSQL

avec l'extension PostGIS. GeoDjango simplifie le développement d'applications web géospatiales en offrant des outils puissants pour intégrer et traiter des données géographiques.

Folium

Folium est une bibliothèque Python utilisée pour visualiser des données géospatiales et créer des cartes interactives dans des environnements web. Cette bibliothèque s'intègre facilement avec d'autres bibliothèques Python de traitement de données, telles que Pandas, NumPy et Matplotlib, ce qui en fait un outil polyvalent pour l'analyse et la présentation de données géographiques. Grâce à ses fonctionnalités interactives, Folium est largement utilisé pour la visualisation de données géospatiales dans des applications web et des notebooks Jupyter.

Python

Python est un langage de programmation polyvalent et populaire, apprécié pour sa simplicité syntaxique et sa grande lisibilité. Avec sa vaste bibliothèque standard et sa communauté active, Python est largement utilisé dans divers domaines tels que le développement web, l'analyse de données, l'intelligence artificielle et bien plus encore. La version 3.10 de Python apporte plusieurs améliorations et fonctionnalités, y compris des optimisations de performances, de nouvelles syntaxes, des améliorations dans les modules standard et une meilleure gestion des erreurs. Cette version renforce la position de Python comme l'un des langages de programmation les plus puissants et les plus polyvalents pour le développement d'application moderne.

Geopandas

GeoPandas est une bibliothèque open-source en Python qui étend les fonctionnalités de Pandas pour permettre la manipulation et l'analyse de données géospatiales. Elle facilite le travail avec des données géographiques en fournissant des structures de données spécifiques telles que les GeoSeries et les GeoDataFrames. Grâce à GeoPandas, les utilisateurs peuvent effectuer des opérations spatiales, comme la création de cartes, l'intersection de géométries et la manipulation de données vectorielles, de manière efficace et intuitive. Cette bibliothèque est largement utilisée dans le domaine de la géomatique et constitue un outil précieux pour l'analyse et la visualisation de données géospatiales en Python.

Google maps

Google Maps est l'un des services de cartographie en ligne les plus populaires au monde, offrant des cartes détaillées, des itinéraires, des images satellites et une variété d'autres fonctionnalités. Il permet aux utilisateurs de rechercher des lieux, de calculer des itinéraires, d'explorer des zones avec Street View, et même de partager leur emplacement en temps réel. Les développeurs peuvent également intégrer les fonctionnalités de Google Maps dans leurs propres applications grâce à une API flexible et puissante, permettant ainsi de créer des expériences géolocalisées personnalisées.

Bootstrap5

Bootstrap 5 est un Framework de développement web front-end open-source qui simplifie la conception d'interfaces utilisateur réactives et attrayantes. Il offre une collection complète de composants prêts à l'emploi, tels que des boutons, des formulaires et des barres de navigation, facilitant ainsi la création de mises en page responsives et esthétiques. Bootstrap 5 est basé sur HTML, CSS et JavaScript, et il est conçu pour être facile à utiliser et à personnaliser. Avec sa grille flexible et ses nombreuses classes utilitaires, Bootstrap 5 permet aux développeurs de créer des sites web modernes et compatibles avec les mobiles rapidement et efficacement.

HTML5

HTML5 est la dernière version du langage de balisage standard utilisé pour structurer et présenter le contenu sur le Web. Cette version introduit de nouvelles fonctionnalités et améliorations par rapport à ses prédecesseurs, telles que le support natif de l'audio et de la vidéo, des éléments de formulaire améliorés pour une meilleure expérience utilisateur, des fonctionnalités de dessin 2D et 3D avec l'élément canvas, ainsi que la possibilité de stocker des données localement sur l'appareil de l'utilisateur. HTML5 offre également une meilleure sémantique pour décrire le contenu, ce qui améliore l'accessibilité et le référencement des pages web. Cette technologie est largement adoptée dans le développement web moderne et offre une base solide pour la création d'applications web interactives et dynamiques.

CSS3

CSS3, abréviation de Cascading Style Sheets niveau 3, est la dernière évolution du langage de feuilles de style utilisé pour décrire la présentation d'un document écrit en HTML ou XML. CSS3 offre de nombreuses fonctionnalités avancées par rapport à ses versions précédentes,

notamment des sélecteurs plus puissants, des animations, des transformations et des effets graphiques. Grâce à CSS3, les développeurs web peuvent créer des mises en page plus dynamiques et esthétiques, améliorant ainsi l'expérience utilisateur sur les sites web. Cette technologie est largement utilisée dans le développement web moderne pour personnaliser l'apparence des pages web et assurer leur compatibilité avec différents appareils et navigateurs.

JavaScript

JavaScript (JS) est un langage de programmation de haut niveau souvent utilisé pour créer des pages web interactives. Avec l'arrivée de JavaScript 5, de nouvelles fonctionnalités ont été introduites, offrant aux développeurs des outils plus puissants pour créer des applications web dynamiques. Ces fonctionnalités renforcent la capacité de JavaScript à créer des applications web interactives et réactives.

3.5 Conception et implémentation de l'application

C'est la phase dernière pour aboutir aux résultats. Il s'agit de la jonction des trois méthodologies adoptées pour chaque objectif, dans le but de répondre à l'objectif général recherche.

3.5.1 Diagnostique des IES

Après avoir parcouru l'environnement de l'Université de Lomé dans la phase d'observation directe, il a été diagnostiqué les IES listés dans le tableau 9 pour cette étude. Il existe d'autres éléments qui n'ont pas été pris en compte, tels que le réseau enfoui de distribution d'électricité et d'eau potable.

Tableau 9: Liste des IES diagnostiqués.

Les IES à géométrie POINT	Les IES à géométrie POLYGONE	Les IES à géométrie LIGNE
<ul style="list-style-type: none"> - Eclairage - kiosque - Poubelle - Fosse septique - Camera - Toilette isolée - Point d'eau - Pilonne télécommunication - Reposoir - Panneau de signalisation - Station météo - Arbre reboisé - Arbre isolé 	<ul style="list-style-type: none"> - Aire de stationnement - Aire de repos - Bassin d'orage - Aire de loisir - Trame verte - Voirie - Bâtis - Caniveau 	<ul style="list-style-type: none"> - Clôture - Passerelle

Source : *Données de terrain : phase d'observation directe, janvier2024.*

3.5.2 Conception de la base de données

3.5.2.1 Dictionnaire de données

Dans le processus de la création de la base de données, le dictionnaire de données joue un rôle pionnier. Il fournit une description détaillée de chaque élément de données, y compris son type, son format et ses relations avec d'autres données. Cette documentation est essentielle pour assurer la cohérence et la compréhension de la structure de la base de données. Le tableau 10 présente le dictionnaire de données pour l'IES « Reposoir ».

Tableau 10: Dictionnaire de données pour IES « Reposoir ».

Nom de l'attribut	Type de données	Description
id	INTEGER	Identifiant unique de l'enregistrement
nom	VARCHAR(20)	Nom de l'infrastructure ou de l'équipement
latitude	FLOAT	Latitude géographique (coordonnée géospatiale)
longitude	FLOAT	Longitude géographique (coordonnée géospatiale)
fonctionnel	BOOLEAN	Indique si l'infrastructure est fonctionnelle (true/false)
date_creation	DATE	Date de création de l'infrastructure
secteur	VARCHAR(20)	Secteur ou région où se trouve l'infrastructure
type	VARCHAR(20)	Type spécifique de l'infrastructure ou de l'équipement
nombre_place	INTEGER	Nombre de places disponibles
materiel	VARCHAR(40)	Matériau utilisé pour l'infrastructure
image	VARCHAR(70)	Chemin ou URL de l'image associée
commentaire	TEXT(300)	Commentaires supplémentaires
date_mise_a_jour	DATETIME	Date et heure de la dernière mise à jour de l'enregistrement
agent_collecteur	VARCHAR(40)	Nom de l'agent ayant collecté les données
date_collecte	DATETIME	Date et heure de la collecte des données
géométrie	FLOAT	Géométrie ou coordonnées supplémentaires

Source : *Travaux de laboratoire, février 2024.*

3.5.2.2 Modélisation des données

3.5.2.2.1 Élaboration du modèle conceptuel de donnée

Dans cette phase, l'intérêt est mis sur la création d'une structure appropriée pour la base de données qui permettra d'optimiser efficacement les analyses de données. En modélisation de données, l'on généralement commence par élaborer un modèle conceptuel qui représente schématiquement le phénomène étudié. Les contraintes associées sont précisées dans le schéma conceptuel des données (David et Fasquel, 1997). Dans son étude, Khalfi (2017) a souligné l'importance des considérations géométriques et sémantiques dans le modèle conceptuel, lesquelles influencent la qualité des données et assurent la fiabilité des processus de traitement. Dans cette recherche, le MCD a été élaboré à l'aide du logiciel Vertabelo, en suivant le formalisme Entité-Association. Ce modèle prend en compte les éléments suivants : les entités, les associations et les cardinalités. Les IES sont considérés comme des entités. Une entité peut être un objet physique, comme par exemple un bâtiment, ou un concept, tel que les pôles

thématisques (découpage zonal de l'Université de Lomé). Les relations entre ces entités sont représentées par les associations qui peuvent être établies entre les différents IES. Sous le même angle, Khalfi (2017) affirme que le niveau conceptuel concerne la description des entités, la fixation des types de données, l'identification des relations existantes entre les entités et les opérations permettant de manipuler les données.

En modélisant la réalité de l'Université de Lomé, il est constaté que les bâtiments se situent dans la limite géographique de l'Université de Lomé et se trouvent obligatoirement dans un pôle thématique. L'entité « éclairage » peut être liée à une route ou à une aire de stationnement, par exemple. De même, l'entité « panneau » (signalisation) peut se trouver dans l'entité « voirie » ou dans l'entité « aire de stationnement ». La cardinalité indique le type de relation entre les entités. Les cardinalités principales dans la modélisation de base de données sont : un à un, un à plusieurs, ou encore plusieurs à plusieurs. Pour définir une cardinalité, on se pose la question : combien de fois l'entité « panneau » peut-elle se trouver dans l'entité « aire de stationnement » ? Si la réponse est une seule fois, dans ce cas, la cardinalité est d'un à un. Si une aire de stationnement peut avoir plusieurs panneaux, la cardinalité sera donc d'un à plusieurs. Et si une aire de stationnement peut avoir plusieurs panneaux et qu'un panneau peut se retrouver simultanément dans plusieurs aires de stationnement (ce qui n'est pas possible dans la réalité de l'Université de Lomé), c'est le cas d'une cardinalité de plusieurs à plusieurs. C'est avec ce formalisme que le modèle conceptuel a été réalisé de manière à offrir une représentation conceptuelle fidèle de la réalité de l'Université de Lomé. La figure 9 présente le MCD des IES de l'Université de Lomé.

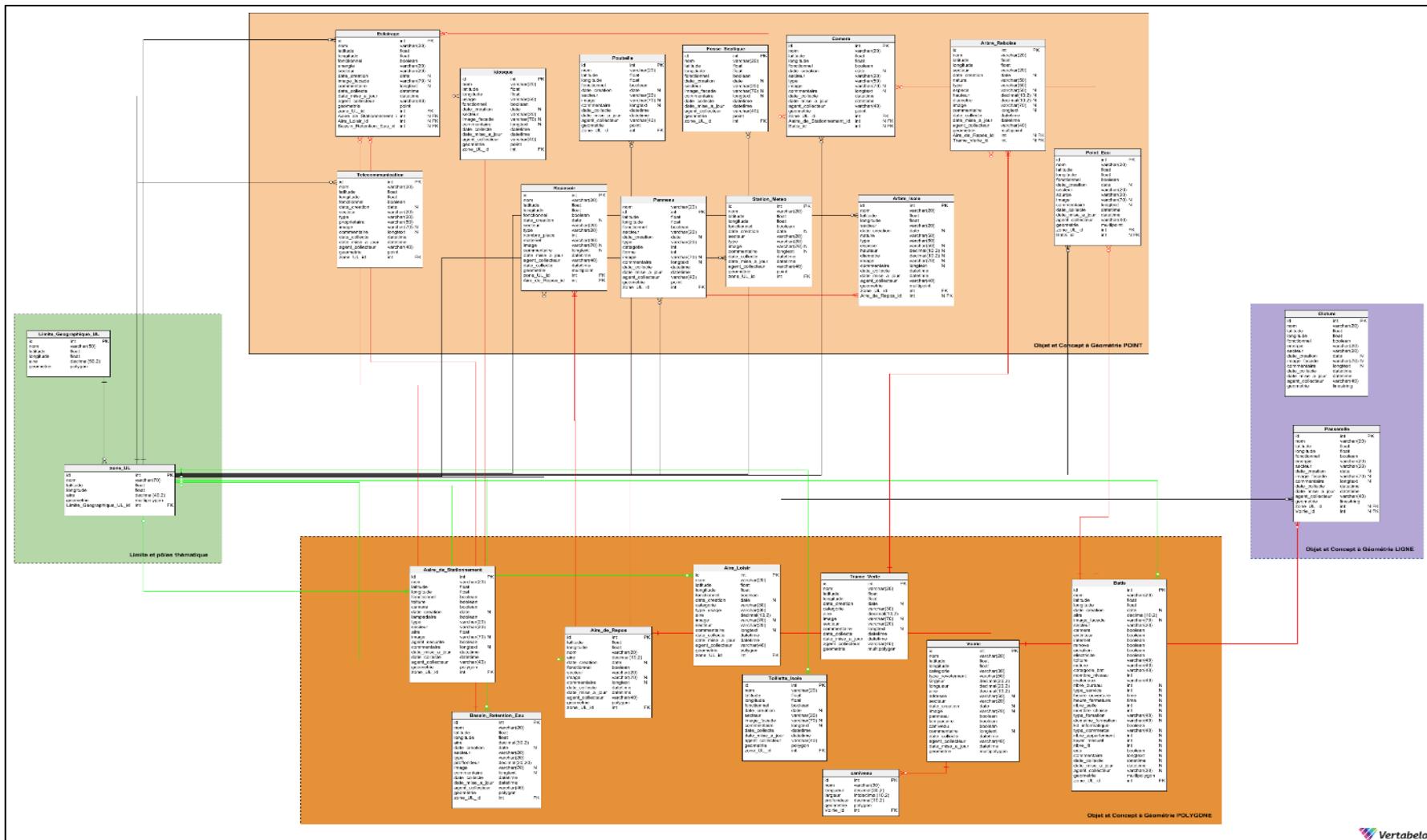


Figure 9: Architecture de donnée modélisée (MCD) reflétant les IES à l'Université de Lomé

Source : *Travaux de laboratoire, février 2024.*

Il existe également la notion d'attribut, qui représente les caractéristiques descriptives de chaque entité (IES). Le modèle conceptuel décrit les données indépendamment de toute considération d'implémentation dans un SGBD (Balley, 2007). Il y a deux types d'attributs : les attributs alphanumériques, qui fournissent une description de l'IES, et les attributs graphiques, qui décrivent la géométrie de l'IES. Avec le logiciel de modélisation Vertabelo, le MCD peut générer automatiquement le MLD.

3.5.2.2.2 Élaboration du modèle logique de données

Le modèle logique de données, dans le contexte de la modélisation des IES de l'Université de Lomé, fait suite au MCD et sert de pont entre ce dernier et le modèle physique de données qui sera mis en œuvre. C'est un modèle intermédiaire dans lequel on exprime le modèle conceptuel dans un formalisme logique adapté au SGBD envisagé (Khalfi ,2017). Alors que le MCD se focalise sur la description des données en identifiant les entités et les relations entre elles, le modèle logique de données intègre des aspects techniques spécifiques au SGBD. Le niveau logique permet de modéliser la structure selon laquelle les données seront stockées dans la future base de données (Khalfi ,2017). David et Fasquel (1997) soulignent dans leurs travaux que, le MLD met l'accent sur la cohérence logique, l'encodage (incluant les caractéristiques géométriques, les relations et les propriétés sémantiques), ainsi que sur les contraintes d'intégrité des données. Ces spécificités ont été prises en compte dans cette modélisation. L'outil Vertabelo a permis de définir le type de chaque attribut (entier, chaîne de caractères, date, etc.), les contraintes (comme les attributs ne pouvant être nuls, les valeurs uniques, etc.), ainsi que les index pour améliorer les performances des requêtes. Le tableau 11 est un exemple du MLD pour l'entité « Reposoir » tiré de la modélisation avec le logiciel Vertabelo.

Tableau 11: Extrait du modèle logique de donnée (cas de l’entité « Reposoir »).

Attribute name	Type	Is mandatory	Is primary identifier	Description
id	Integer	yes	yes	
nom	Varchar(20)	yes	no	
latitude	ShortFloat	yes	no	
longitude	ShortFloat	yes	no	
fonctionnel	Boolean	yes	no	
date_creation	Date	no	no	
secteur	Varchar(20)	yes	no	
type	Varchar(20)	yes	no	
nombre_place	Integer	yes	no	
materiel	Varchar(40)	yes	no	
image	Varchar(70)	no	no	
commentaire	Text(300)	no	no	
date_mise_a_jour	DateTime	yes	no	
agent_collecteur	Varchar(40)	yes	no	
date_collecte	DateTime	yes	no	
géométrie	LongFloat	yes	no	

Source : *Travaux de laboratoire, février 2024.*

Les relations entre ces tables sont définies par les clés étrangères, établissant des liens logiques qui reflètent les associations et dépendances entre les entités du monde réel. Par exemple, un « reposoir » serait lié à sa « zone UL » par une clé étrangère pointant vers la table « zone_UL ». L’exemple de Relation « Reposoir_zone_UL » avec le logiciel Vertabelo. Ci-dessous (*Tableau 12*) est une clé étrangère c’est-à-dire qu’un ou plusieurs reposoirs peuvent se trouver dans une « zone_UL ».

Tableau 12: Exemple de clé étrangère pointant vers « zone_UL » de « Reposoir ».

zone_UL	1..*	Reposoir
	<->	

Source : *Travaux de laboratoire, février 2024.*

Le modèle logique sert ainsi de guide détaillé pour la création de la base de données physiques.

3.5.2.2.3 Élaboration du modèle physique de donnée

Le MPD est la dernière étape de conception aboutissant à la mise en œuvre réelle de la base de données. Il est le traitement du modèle logique dans un environnement de stockage de données dédié. Au niveau physique, les préoccupations sont autour du stockage, de l'indexation et de la gestion de données avec le système choisi (Khalfi ,2017). Le système de stockage choisi dans cette étude est le SGBD PostgreSQL.

Le modèle physique détaille la structure exacte de la base de données, y compris les tables, les colonnes (avec types de données et longueurs), les contraintes (comme les clés primaires, les clés étrangères, les contraintes d'unicité, etc.), les index pour optimiser les performances, et d'autres éléments techniques spécifiques à PostgreSQL. Le tableau suivant (*Tableau 13*) est un exemple du MPD présentant les colonnes et le type de donné attendu ainsi que les contraintes qui s'appliquent.

Tableau 13: Extrait du modèle physique de donnée pour l'entité « Zone_UL ».

Column name	Type	Properties	Description
id	int	PK	
nom	varchar(70)		
theme	varchar(70)		
latitude	float		
longitude	float		
aire	decimal(40,2)		
geometrie	multipolygon		
Limite_Geographique_UL_id	int		

Source : *Travaux de laboratoire, Février 2024.*

Pour chaque table, les attributs sont transformés en colonnes avec des types de données spécifiques à PostgreSQL, tels que `VARCHAR` (pour les chaînes de caractères), `INTEGER` (pour les nombres entiers), `BOOLEAN` (pour les valeurs vrai/faux), `DATE`/`TIMESTAMP` (pour les dates et heures), et `GEOMETRY` (pour les données graphiques). La figure 10 présente le script SQL généré par le modèle physique pour l'entité « éclairage ».

```
-- Table: Eclairage
CREATE TABLE Eclairage (
    id int NOT NULL,
    nom varchar(20) NOT NULL,
    latitude float NOT NULL,
    longitude float NOT NULL,
    fonctionnel boolean NOT NULL,
    energie varchar(20) NOT NULL,
    secteur varchar(20) NOT NULL,
    date_creation date NULL,
    image_facade varchar(70) NULL,
    commentaire longtext NULL,
    date_collecte datetime NOT NULL,
    date_mise_a_jour datetime NOT NULL,
    agent_collecteur varchar(40) NOT NULL,
    geometrie point NOT NULL,
    zone_UL_id int NOT NULL,
    Aaire_de_Stationnement_id int NULL,
    Aire_Loisir_id int NULL,
    Bassin_Retention_Eau_id int NULL,
    CONSTRAINT Eclairage_pk PRIMARY KEY (id)
);
```

Figure 10: Exemple de script SQL généré par le MPD avec le logiciel Vertabelo.

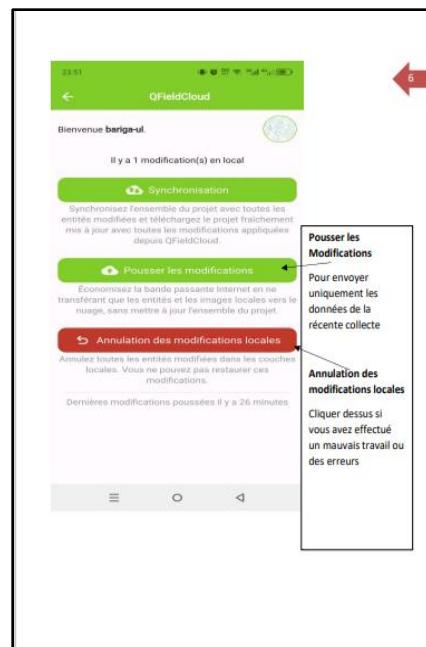
Source : *Travaux de laboratoire, Février 2024.*

3.5.3 Collecte de données

Un manuel de formation instructif est élaboré dans le but d'instruire les agents de collecte de données. L'outil de collecte Qfield, est choisi de manière à permettre une collecte relationnelle et spatiale. Dans ce manuel (Planche de figure 1), les illustrations ont été insérées pour permettre aux agents collecteurs de comprendre, maîtriser et utiliser l'application professionnelle de collecte de données Qfield.



Page de garde du manuel de formation



Interface Qfield de transfert de donnée



Passage en mode édition



Champs du formulaire

Planche de figure 1: Quelques figures d’illustration du manuel de formation.

Source : *Travaux de laboratoire, mars 2024.*

3.5.3.1 Formation des agents de terrain et collecte de données

La formation des agents de collecte de données a eu lieu à l’Université de Lomé dans les locaux du LTAG (photo 1) du 13 mars au 16 mars 2024. La photo 1 est un cliché témoin de la formation des agents de collecte de données.



Photo 1: Formation des agents de collecte de données.

Source : Vue prise par Dira-Bariga SAGUINAAH, mars 2024.

La production de données s'est réalisée avec le déploiement sur le terrain des agents de collecte formés pour l'acquisition de données géospatiales relatives aux IES de l'université de Lomé. La planche photographique 1 ci-dessous illustre quelques agents de collecte sur le terrain.



Planche photographique 1: Photos de quelques agents sur le terrain en pleine collecte.

Source : Vues prises par les agents de terrain, mars 2024.

Le téléphone mobile, la tablette Androïd et le GPS différentiel Arrow Gold sont des outils impliqués dans la collecte de données. La planche photographique 2 illustre quelques outils de collecte de données utilisés.

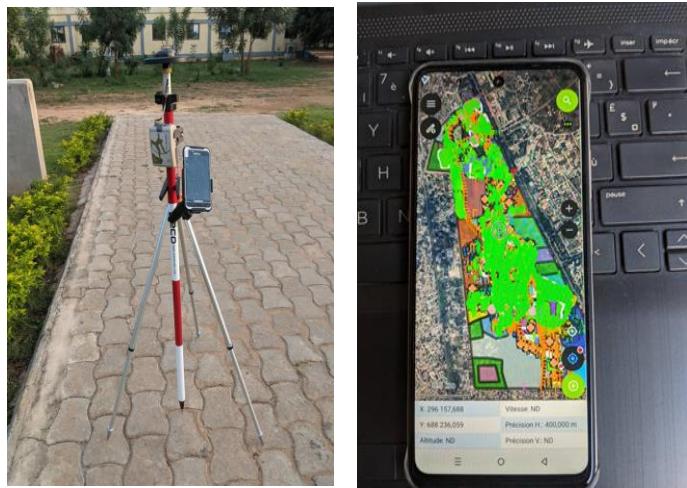


Planche photographique 2: Matériel utilisé pour la collecte de données.

Source : *Vue prise par Dira-Bariga SAGUINTAAH, mars 2024.*

3.5.3.2 Epuration des données

Le processus d'épuration des données collectées a été réalisé en utilisant les bibliothèques Python, Pandas, Geopandas, et Matplotlib. Ces outils ont été choisis pour leur efficacité dans le nettoyage, la manipulation et la visualisation des données géospatiales. Ce processus a permis de nettoyer et de préparer les données pour assurer leur qualité et leur cohérence, en éliminant les erreurs, les valeurs aberrantes et en normalisant les données selon les critères prédéfinis. Les figures 11 et 12 illustrent la manipulation de données dans Jupyter Notebook avec Geopandas.

```
donne= gpd.read_file(path)
: donne.head(3)
:   id      nom    longitude   latitude  categorie      type      forme  fonctionnel secteur  commentaire ... date_creation      date_collecte  agent_col
: 0  847.0  panneau_1  1.214921  6.174640  Routier  Interdiction  Cercle     True  Campus Sud  Panneau_accès ...
: 1  848.0  panneau_2  1.214793  6.174711 Informationel  indication  Rectangle  True  Campus Sud  Panneau_limitation ...
: 2  849.0  panneau_3  1.214577  6.174968 Informationel  indication  Rectangle  True  Campus Sud  Panneau_UL ...
: 3 rows × 21 columns
```

Figure 11: Lecture du fichier avec Geopandas dans Jupyter Notebook.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

Il est judicieux de détecter les valeurs nulles dans les données en utilisant la bibliothèque Geopandas. « False » veut dire que la cellule a une donnée et « True » signifie que c'est une valeur nulle.

```
: secteur_nul=donne[donne['agent_collecteur'].isna()]
: val_nul=donne.isnull().head()
: val_nul
```

	id	nom	longitude	latitude	categorie	type	forme	fonctionnel	secteur	commentaire	...	date_creation	date_collecte	agent_collecteur	info_modifier_le	limit
0	False	False	False	False	False	False	False	False	False	False	...	True	False	False	False	False
1	False	False	False	False	False	False	False	False	False	False	...	True	False	False	False	False
2	False	False	False	False	False	False	False	False	False	False	...	True	False	False	False	False
3	False	False	False	False	False	False	False	False	False	False	...	True	False	False	False	False
4	False	False	False	False	False	False	False	False	False	False	...	True	False	False	False	False

5 rows × 21 columns

Figure 12: Identification des valeurs nulles.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

3.5.4 Développement web

Développer avec Django et GeoDjango combine les capacités robustes de Django pour le backend avec les fonctionnalités géospatiales de GeoDjango, renforcées par l'intégration de Geopandas. Côté frontend, l'utilisation de Bootstrap, CSS, HTML et JavaScript permet de concevoir des interfaces utilisateur attrayantes et réactives.

3.5.4.1 Backend

En développement web, le "backend" désigne la partie d'une application ou d'un site web qui n'est pas directement visible par les utilisateurs. Il s'agit de la partie serveur de l'application où sont gérées la logique du programme informatique, la gestion des données et les opérations nécessaires au bon fonctionnement de l'application. Dans cette étude, les lignes de code du backend sont programmées en Python. Les figures 13, 14, 15, 16 et 17 illustrent quelques lignes de code côté serveur.

 Base de données

Les différentes classes du modèle sont liées à la base de données, dont la configuration se trouve dans un fichier Python appelé « settings.py ». La figure 13 présente l’authentification de la base de données PostgreSQL utilisée avec Django et GeoDjango.

```
DATABASES = {
    'default': {
        'ENGINE': 'django.contrib.gis.db.backends.postgis',
        'NAME': config('DB_NAME'),
        'USER': config('DB_USER'),
        'PASSWORD': config('DB_PASSWORD'),
        'HOST': config('DB_HOST'),
        'PORT': config('DB_PORT'),
    }
}
```

Figure 13: Connexion entre la BD et le serveur de Django.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

Les modèles définissent la structure des données qui seront stockées dans la base de données. La figure 14 présente une capture du modèle « Zone » qui correspond à la table « UL_zone » dans la base de données PostgreSQL.

The screenshot shows the VS Code interface with the following details:

- Left Sidebar:** Shows the project structure under "EXPLORATEUR". The file "models.py" is highlighted with a red box.
- Editor Area:** Displays the code for "models.py". A red box highlights the class definition for "Zone".
- Bottom Navigation Bar:** Includes tabs for "PROBLÈMES", "SORTIE", "CONSOLE DE DÉBOGAGE", and "TERMINAL".
- Bottom Status Bar:** Shows the path "PS C:\Users\julien\Desktop\geoinformatique\geoapp project\master".

```
class Zone(models.Model):
    nom = models.CharField(max_length=50)
    theme = models.CharField(max_length=60,null=True)
    aire = models.FloatField(default=0)
    longitude = models.DecimalField(max_digits=10, decimal_places=6,null=True,blank=True)
    latitude = models.DecimalField(max_digits=10, decimal_places=6,null=True)
    limite=models.ForeignKey(LimiteGeographique,on_delete=models.PROTECT,null=True)
    geometrie = models.MultiPolygonField(srid=32631)
    info_modifier_le = models.DateTimeField(auto_now=True,null=True)

    def __str__(self):
        return self.nom

    class Meta:
        verbose_name="Zone"
        verbose_name_plural="Zones"

    def calcul_aire(self):
        return self.geometrie.area

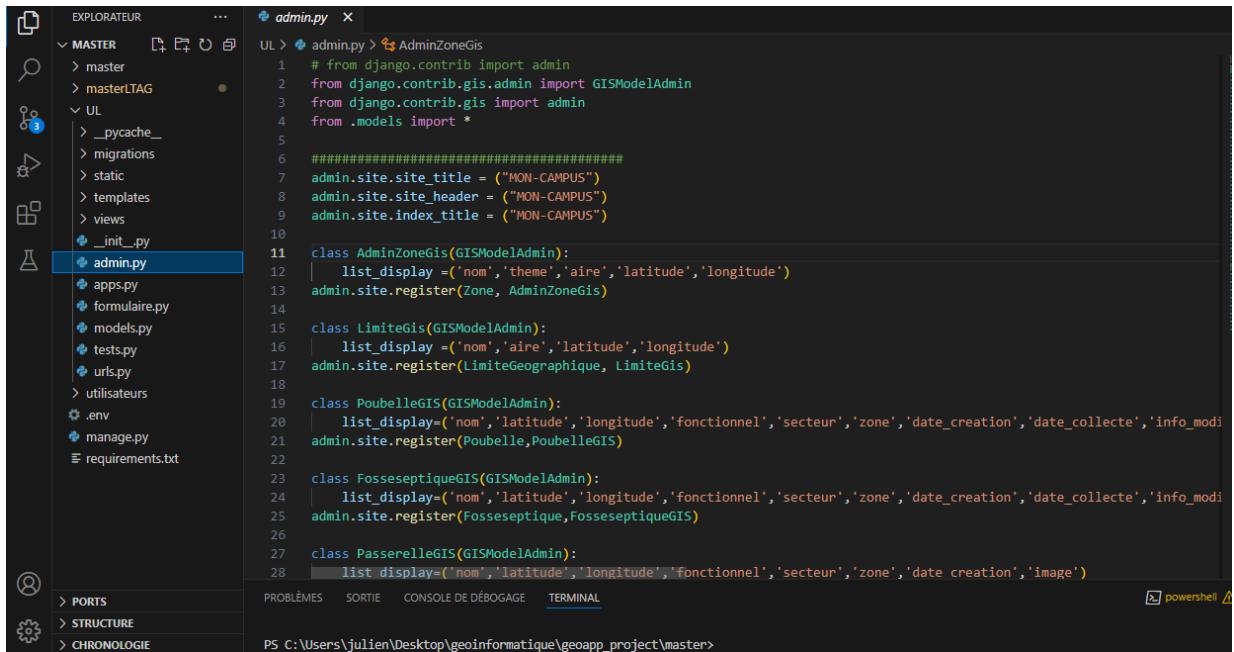
    def save(self, *args, **kwargs):
        self.aire = self.calcul_aire()
        if self.geometrie.centroid:
            centre=self.geometrie.transform(4326, clone=True).centroid
```

Figure 14: Export des tables de la BD : exemple da table « Zonne_UL ».

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

✚ Gestion de la Logique pour l'Administrateur du Système

L'administration du système est une composante clé de toute application web, permettant aux administrateurs de gérer et de superviser l'application de manière efficace. Dans cette application géospatiale, les modèles préconçus de Django, ModelAdmin, et de l'extension géospatiale de GeoDjango, GISModelAdmin, ont été utilisés pour gérer la logique et les fonctionnalités administratives. La figure 15 présente une capture d'écran des lignes de code de configuration de l'Admin Django.



```
EXPLORATEUR ... admin.py x
MASTER D E U S
> master
> masterTAG •
UL > admin.py > AdminZoneGis
    1 # from django.contrib import admin
    2 from django.contrib.gis.admin import GISModelAdmin
    3 from django.contrib.gis import admin
    4 from .models import *
    5
    6 ######
    7 admin.site.site_title = ("MON-CAMPUS")
    8 admin.site.site_header = ("MON-CAMPUS")
    9 admin.site.index_title = ("MON-CAMPUS")
   10
   11 class AdminZoneGis(GISModelAdmin):
   12     list_display=( 'nom','theme','aire','latitude','longitude')
   13 admin.site.register(Zone, AdminZoneGis)
   14
   15 class LimiteGis(GISModelAdmin):
   16     list_display=( 'nom','aire','latitude','longitude')
   17 admin.site.register(LimiteGeographique, LimiteGis)
   18
   19 class Pou belleGIS(GISModelAdmin):
   20     list_display=( 'nom','latitude','longitude','fonctionnel','secteur','zone','date_creation','date_collecte','info_modifi')
   21 admin.site.register(Pou belle,Pou belleGIS)
   22
   23 class FosseseptiqueGIS(GISModelAdmin):
   24     list_display=( 'nom','latitude','longitude','fonctionnel','secteur','zone','date_creation','date_collecte','info_modifi')
   25 admin.site.register(Fosseseptique,FosseseptiqueGIS)
   26
   27 class PasserelleGIS(GISModelAdmin):
   28     list_display=( 'nom','latitude','longitude','fonctionnel','secteur','zone','date creation','image')
```

Figure 15: Configuration du tableau de bord administrateur.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

✚ Les formulaires qui permettent d'effectuer les alertes, de collecter des données

Les formulaires sont développés en utilisant la classe ModelForm de Django. Cette classe simplifie la création de formulaires basés sur les modèles en permettant de générer automatiquement des champs de formulaire correspondant aux champs du modèle. La figure 16 présente les lignes de code de ces formulaires hérités de ModelForm. L'intérêt de ModelForm est que l'ORM (Object-Relational Mapping) de Django s'assure que les requêtes SQL générées sont sécurisées et correctement échappées, empêchant ainsi les injections SQL. De plus, Django inclut par défaut une protection contre les attaques CSRF en utilisant des jetons CSRF pour chaque formulaire.

```

104 ######
105 #####
106 # LES ALERTES
107 class AlerteBatimentForm(forms.ModelForm):
108     class Meta:
109         model=AlerteBatiment
110         fields = ['disfonction','lesPennes' , 'SOSMessage', 'batiment']
111 class AlerteLampadaireForm(forms.ModelForm):
112     class Meta:
113         model=AlerteLampadaire
114         fields = ['disfonction', 'SOSMessage', 'lampadaire']
115 class AlertePointEauForm(forms.ModelForm):
116     class Meta:
117         model=AlertePointEau
118         fields = ['disfonction', 'SOSMessage', 'point_eau']
119 class AlerteWifiForm(forms.ModelForm):
120     class Meta:
121         model=AlerteWifi
122         fields = ['disfonction', 'SOSMessage', 'wifi']
123 class AlertePoubelleFosseForm(forms.ModelForm):
124     class Meta:
125         model=AlertePoubelle
126         fields = ['disfonction', 'SOSMessage', 'poubelle']
127 class AlerteReposoirForm(forms.ModelForm):
128     class Meta:
129         model=AlerteReposoir
130         fields = ['disfonction', 'SOSMessage', 'repos']
131

```

Figure 16: Création des différents formulaires.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

➡ Les chemins ("paths")

Dans une application Django, les chemins ("paths") définissent les URL par lesquelles les utilisateurs peuvent accéder aux différentes parties de l'application. Les chemins sont très importants dans la structure et la navigation de l'application. Dans cette recherche, des chemins clairs et structurés ont été définis pour chaque vue (views), permettant aux utilisateurs d'accéder facilement aux différentes fonctionnalités. En utilisant des chemins dynamiques, les URLs sont uniques, facilitant l'accès précis à la vue concernée. La figure 17 contient une liste de chemins dynamiques.

```

1  from UL.views.geoviews import analyse_3, analyse_4, carte, analyse,analyse_1,analyse_2
2  from UL.views.formsvviews import formassainissement,collecteur, formbatiment,faire_alerte
3  from UL.views.basicviews import statistique,geomaprecherche, telecharger_aire_repos_csv, telecharger_aire_repos_geojson
4  from django.contrib import admin
5  from django.urls import path
6  app_name='UL'
7  urlpatterns = [
8      path('georecherche/', geomaprecherche, name='map'),
9      path('alerte/', faire_alerte, name="alerte"),
10     path('analyse/', analyse, name="analyse"),
11     path('analyse1/', analyse_1, name="analyse1"),
12     path('analyse2/', analyse_2, name="analyse2"),
13     path('analyse3_py/', analyse_3, name="analyse3"),
14     path('analyse4_py/', analyse_4, name="analyse4"),
15     path('statistique/', statistique, name="statistique"),
16     path('carte/', carte, name="carte"),
17     path('collecte/', collecteur, name="collecte"),
18     path('collecte_assainis/',formassainissement, name="assainis"),
19     path('collecte_bat/',formbatiment, name="batiment"),
20     path('telecharger/',telecharger_donnees, name='telecharger'),
21 # TELECHARGEMENT
22     path('telecharger_csv1/', telecharger_zone_csv, name='telecharger_csv1'),
23     path('telecharger_json1/', telecharger_zone_geojson, name='telecharger_json1'),
24     path('telecharger_gpkg1/', telecharger_zone_gpkg, name='telecharger_gpkg1'),
25
26     path('telecharger_csv2/', telecharger_cloture_csv, name='telecharger_csv2'),
27     path('telecharger_json2/', telecharger_cloture_geojson, name='telecharger_json2'),
28     path('telecharger_gpkg2/', telecharger_cloture_gpkg, name='telecharger_gpkg2'),
]

```

Figure 17: Configuration des chemins.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

L'utilisation des chemins dynamiques dans Django est essentielle pour créer des applications web robustes, modulaires et sécurisées. Ils permettent une navigation fluide, une organisation claire du code, et améliorent l'expérience utilisateur.

3.5.4.2 Frontend

En développement web, le "frontend" désigne la partie de l'application ou du site web avec laquelle les utilisateurs interagissent directement. Contrairement au backend, qui fonctionne côté serveur, le frontend est visible et accessible aux utilisateurs via leur navigateur web. Dans cette étude, le frontend a été développé en utilisant le **Framework** Bootstrap, CSS, JavaScript et HTML pour créer des interfaces utilisateur attrayantes et réactives. Ces technologies permettent de concevoir des pages web dynamiques et interactives, offrant une meilleure expérience utilisateur.

Les figures suivantes illustrent quelques exemples de code frontend, mettant en évidence l'utilisation de ces technologies pour construire l'interface de l'application.

❖ Le Template de base

La figure 18 ci-dessous est une capture d'écran du Template de base de cette application web. Il définit la structure générale de l'application, incluant l'en-tête, la barre de navigation, la barre latérale et la section principale du contenu. Ce design cohérent et responsive est réalisé avec Bootstrap. La figure 18 illustre le contenu du Template « base.htm ». « base.htm » est le fichier

html dans lequel est écrit le code de la page d'accueil.

The screenshot shows the VS Code interface with the 'Explorateur' (File Explorer) on the left and the code editor on the right. The code editor displays the 'base.html' file under the 'utilisateurs > templates > base.html' path. The code itself is an HTML template for a navigation bar, including a header with a logo and links for 'Accueil', 'S'inscrire', 'Se connecter', and 'Se déconnecter'. The code uses Bootstrap classes like 'bg-white', 'text-white', and 'text-center' for styling.

```
<html lang="fr">
    <body>
        <header class="bg-info text-white text-center py-2">
            <h1 class="mb-2">MON CAMPUS</h1>
            <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-light bg-white">
                <div class="container">
                    <a class="navbar-brand" href="#">UNIVERSITE DE LOME</a>
                    <button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse" data-target="#navbarNavAltMarkup" aria-controls="navbarNavAltMarkup" aria-expanded="false" aria-label="Toggle navigation">
                        <span class="navbar-toggler-icon"></span>
                    </button>
                    <div class="collapse navbar-collapse" id="navbarNavAltMarkup">
                        <div class="navbar-nav ml-auto">
                            <a class="nav-link lk" href="{% url 'accueil' %}">Accueil</a>
                            <a class="nav-link lk" href="{% url 'register' %}">S'inscrire</a>
                            <a class="nav-link lk" href="{% url 'connection' %}">Se connecter</a>
                            {% if user.is_authenticated %}
                                <a class="nav-link lk" href="{% url 'deconnection' %}">Se déconnecter</a>
                            {% endif %}
                            <a class="nav-link" href="#"> Bienvenu(e) <span style="color: #rgb(1, 14, 1); font-weight: bold;">{{ user }}</span>
                            <a class="nav-link ltag1" href="#">profile: <span style="color: #green; font-weight: bold;">{{ user }}</span>
                        </div>
                    </div>
                </div>
            </nav>
        </header>
        <div class="container py-3">
            <h2>BIENVENUE SUR LE SITE MON CAMPUS</h2>
            <p>Ce site web est destiné à faciliter l'accès aux informations et services de l'Université de Lome. Vous trouverez ici des données géospatiales téléchargeables au format CSV, GeoJSON et GeoPackage. Vous pouvez également accéder à diverses analyses et cartes. N'hésitez pas à nous contacter pour toute question ou suggestion.</p>
        </div>
    </body>
</html>
```

Figure 18: Code de la page d'accueil.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024*.

❖ Le html

Cette figure (figure 19) illustre un extrait de code en langage de balisage HTML.

The screenshot shows the VS Code interface with the 'Explorateur' (File Explorer) on the left and the code editor on the right. The code editor displays the 'donnee.html' file under the 'geospatial > donnee.html' path. The code is a template extending 'base.html' and displaying a table of downloadable data formats (CSV, GeoJSON, GeoPackage). It uses Jinja2 templating syntax for loops and conditionals.

```
{% extends 'base.html' %}

{% block content %}
    <div class="container mt-4">
        <h3 class="mb-4 text-center text-md-left">Données téléchargeables aux formats suivants</h3>

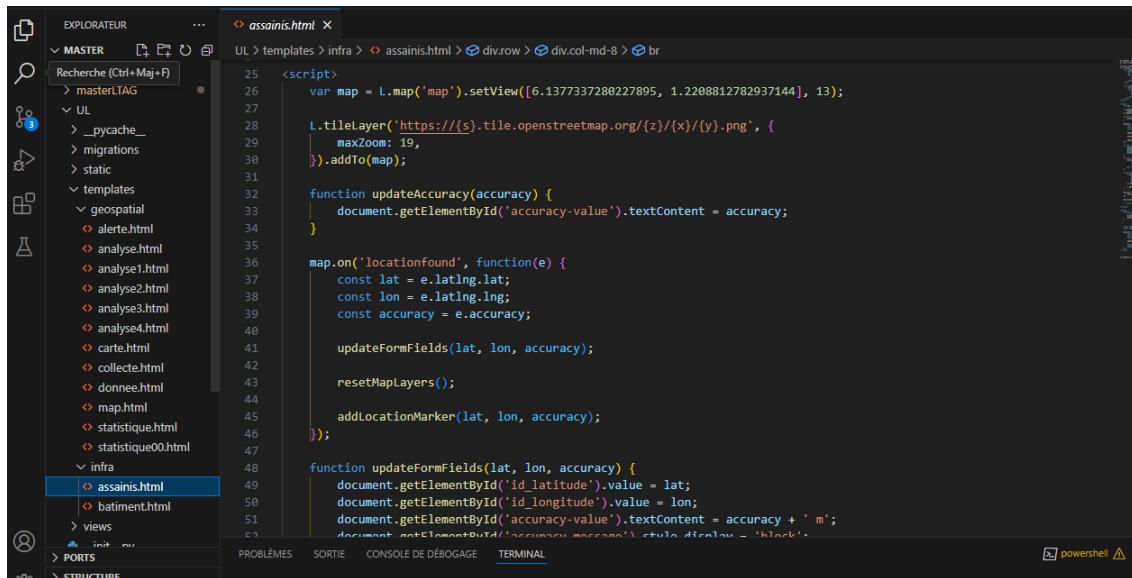
        <div class="table-responsive">
            <table class="table table-bordered table-hover">
                <thead class="thead-dark">
                    <tr>
                        <th>CSV</th>
                        <th>GeoJSON</th>
                        <th>GeoPackage</th>
                    </tr>
                </thead>
                <tbody>
                    {% for group in page_obj %}
                        <tr>
                            {% for item in group %}
                                <td>
                                    <strong>{{ item.nom }}</strong>;
                                    <a href="{{ url item.nom_url }}>Télécharger</a>
                                </td>
                            {% endfor %}
                        </tr>
                    {% endfor %}
                </tbody>
            </table>
        </div>
    </div>
</div>
```

Figure 19: Code écrit en langage html.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024*.

❖ Le javascript

La figure 20 présente un extrait de code en JavaScript utilisé dans cette application pour récupérer la localisation de l'utilisateur.



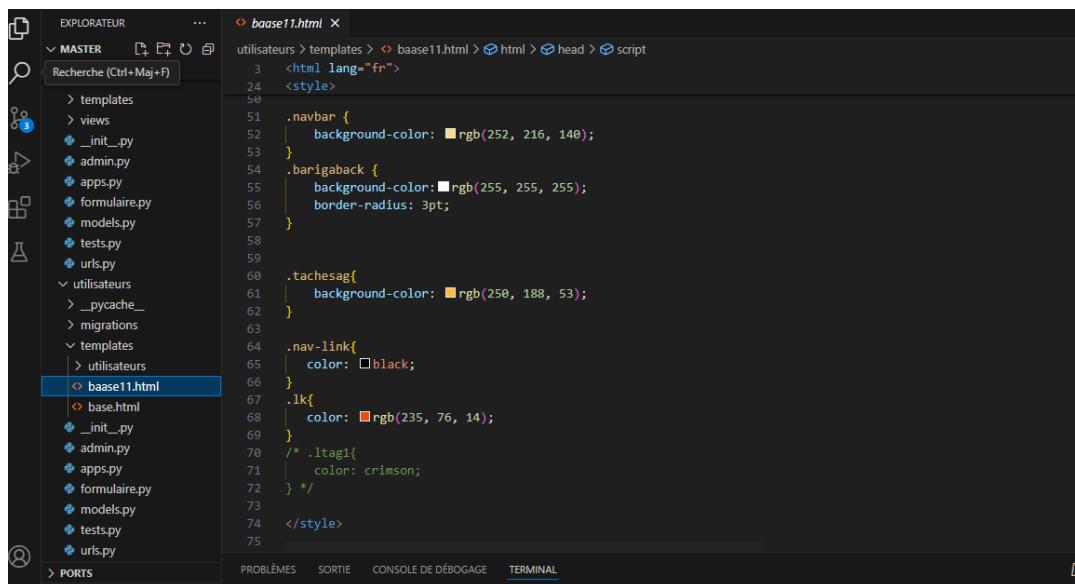
```
25 <script>
26   var map = L.map('map').setView([6.1377337280227895, 1.2208812782937144], 13);
27
28   L.tileLayer('https://s.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
29     maxZoom: 19,
30   }).addTo(map);
31
32   function updateAccuracy(accuracy) {
33     document.getElementById('accuracy-value').textContent = accuracy;
34   }
35
36   map.on('locationfound', function(e) {
37     const lat = e.latlng.lat;
38     const lon = e.latlng.lng;
39     const accuracy = e.accuracy;
40
41     updateFormFields(lat, lon, accuracy);
42
43     resetMapLayers();
44
45     addLocationMarker(lat, lon, accuracy);
46   });
47
48   function updateFormFields(lat, lon, accuracy) {
49     document.getElementById('id_latitude').value = lat;
50     document.getElementById('id_longitude').value = lon;
51     document.getElementById('accuracy-value').textContent = accuracy + ' m';
52     document.getElementById('accuracy-message').style.display = 'block';
53   }
54
55
56
57
58
59
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
```

Figure 20: Code écrit en langage javascript.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

❖ Le CSS

La figure 21 présente un extrait de code CSS utilisé pour animer les couleurs et la mise en page de la page d'accueil de l'application.



```
3 <html lang="fr">
4 <style>
5
51 .navabar {
52   background-color: #rgb(252, 216, 140);
53 }
54 .barigaback {
55   background-color:#rgb(255, 255, 255);
56   border-radius: 3pt;
57 }
58
59
60 .tachesag{
61   background-color: #rgb(250, 188, 53);
62 }
63
64 .nav-link{
65   color: black;
66 }
67 .lk{
68   color: #rgb(235, 76, 14);
69 }
70 /* .ltag1{
71   color: crimson;
72 } */
73
74 </style>
75
```

Figure 21: Code écrit en langage css.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

CHAPITRE IV : RESULTATS

4.1 Crédit de la base de données géospatiales et collecte de données

À l'issue des travaux de collecte de données, plusieurs milliers d'IES ont été dénombrés. La collecte de données a été influencée par plusieurs contraintes d'ordre naturel, administratif, économique et technique. Les données nettoyées et corrigées sont de qualité bonne. La notion de qualité fait référence à leur aptitude à l'usage et à leur utilité, aux outils de collecte de données utilisés, ainsi qu'à la pertinence des informations collectées. La qualité de ces données est également liée à leur source et à l'ensemble du processus de leur acquisition. Il s'agit d'une source primaire : un projet réfléchi et conçu spécifiquement pour les besoins de l'université. Ainsi, le résumé des données présenté dans le tableau 14 n'est pas définitif, mais sert de fondement, une ressource utile prête à être améliorée.

Tableau 14: Tableau récapitulatif des données collectées.

Nom d'IES	Nom dans la BD	Géométrie	Nombre d'entités	Observation
Camera	UL_camera	Point	10	98% environ
Éclairage	UL_eclairage	Point	498	98% environ
Bâtis	UL_batis	Polygone	273	90% environ
Fosse septique	UL_fosseseptique	Point	364	90% environ
Kiosque	UL_kiosque	Point	55	98% environ
Toilette isolé	UL_toiletteisole	Point	08	98% environ
Point d'eau	UL_pointeau	Point	237	98% environ
Poubelle	UL_poubelle	Point	266	98% environ
Reposoir	UL_reposoir	Point	2089	98% environ
Station météo	UL_stationmeteo	Point	03	90% environ
Pilonne de Télécommunication	UL_telecommunication	Point	48	90% environ
Bassin d'orage	UL_bassineau	Polygone	02	98% environ
Panneau de signalisation	UL_panneau	Point	239	98% environ
Passerelle	UL_passerelle	Ligne	02	98% environ
Aire stationnement	UL_airstationnement	Polygone	22	85% environ
Aire repos	UL_airerepos	Polygone	14	85% environ
Caniveau	UL_caniveau	Polygone	11	98% environ
Voirie (revêtue et non)	UL_voirie	Polygone	18	98% environ
Aire de loisir	UL_aireloisir	Polygone	12	98% environ
Arbre reboisé	UL_arbrereboise	Point	421	25% environ
Arbre isolé	UL_arbreisole	Point	3154	78% environ
Trame verte	UL_trameverte	Polygone	21	90% environ
Pôle thématique	UL_zone	Polygone	30	99% environ
Limite UL	UL_limitegeographique	Polygone	01	99% environ
Clôture	UL_cloture	Ligne	05	68% environ

Source : *Données de terrain, mars 2024.*

Les données ont finalement été intégrées dans la base de données, et toute personne éligible disposant des droits d'accès peut les consulter pour toute œuvre pertinente. Ainsi, cette étude a rendu disponibles les données géospatiales et ouvert la voie à d'autres recherches scientifiques sur ces données géoréférencées. Les données sont bien centralisées dans une base de données sécurisée. Aucun risque de perte de données, et l'accessibilité aux données est désormais facile. Ci-dessous, la figure 22 illustre les tables hébergées dans la base de données.

The screenshot shows the pgAdmin 4 interface. The left pane is titled 'Navigateur' and displays a tree view of database objects under the schema 'UL'. The right pane is titled 'Propriétés' and shows a table with the following columns:

Nom	Propriétaire	Table partitionnée ?	Commentaire
UL_eclairage	postgres		
UL_fosseseptique	postgres		
UL_kiosque	postgres		
UL_limitegeographique	postgres		
UL_panneau	postgres		
UL_passerelle	postgres		
UL_pointeau	postgres		
UL_poubelle	postgres		
UL_reposoir	postgres		
UL_stationmeteo	postgres		
UL_telecommunication	postgres		
UL_toiletteisole	postgres		
UL_trameverte	postgres		
UL_voirie	postgres		
UL_zone	postgres		

Figure 22: Illustration des noms des tables dans le SGBD PostgreSQL.

Source : *Données de terrain, mars 2024.*

En prenant l'exemple de la table « UL_eclairage » voici présenté ci-dessous (figure 23) les informations de cette table dans la base de données.

The screenshot shows the pgAdmin 4 interface. The left pane shows the table structure for 'UL_eclairage' with columns grouped by type: 'Colonne (20)'. The right pane shows a detailed table properties view for the 'UL_eclairage' table with the following columns:

Nom	Commentaire
id	
nom	
longitude	
latitude	
fonctionnel	
energie	
secteur	
commentaire	
date_creation	
geometrie	
date_collecte	
agent_collecteur	
info_modifier_le	
batiment_id	
espace_vert_id	
loisir_id	
plan_eau_id	
route_id	
zone_id	

Figure 23: Illustration des colonnes de la table « UL_eclairage » dans le SGBD PostgreSQL.

Source : *Données de terrain, mars 2024.*

Les tables contiennent des colonnes et des lignes. Chaque ligne représente un enregistrement de données et chaque colonne un type de donnée. Ci-dessous, la Figure 24 présente les enregistrements de données. Chaque ligne est un enregistrement de données avec la nature des données dans chaque colonne. L'exemple est tiré de la table « UL_eclairage ».

	id [PK] bigint	nom character varying (50)	longitude numeric (10,6)	latitude numeric (10,6)	fonctionnel boolean	energie character varying (30)	secteur character varying (18)	commen text
334	1032	lampe soleil	1.209805	6.186298	true			lamp63
335	1033	lampe soleil	1.210512	6.186715	true			lamp48
336	1034	lampe soleil	1.210603	6.186762	true			lamp69
337	1035	lampe soleil	1.210202	6.186966	true			lamp60
338	1036	lampe soleil	1.210342	6.187036	true			lamp67
339	1037	lampe soleil	1.210547	6.187156	true			lamp68
340	1038	lampe soleil	1.210731	6.187033	true			lamp69
341	1039	lampe soleil	1.211238	6.186663	true			lamp70
342	1040	lampe soleil	1.210953	6.186350	true			lamp71
343	1041	lampe soleil	1.210725	6.186272	true			lamp72
344	1042	lampe CEET	1.210552	6.186171	true			lamp73
345	1043	lampe soleil	1.212123	6.185747	true			lamp74
346	1044	lampe soleil	1.211785	6.185730	true			lamp75
347	1045	lampe CEET	1.214047	6.182129	true			lamp76
348	1046	lampe CEET	1.213703	6.181577	true			lamp77
349	1047	lampe CEET	1.213139	6.178822	true			lamp78

Figure 24: Illustration des données de la table « UL_eclairage » dans le SGBD PostgreSQL.

Source : *Données de terrain, mars 2024.*

Ainsi donc, les résultats obtenus après avoir rigoureusement suivi la méthodologie établie et utilisé le matériel susmentionné confirment l'efficacité de cette approche.

4.2 Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale

Page d'accueil

L'application web développée est baptisée « MonCampus » et supporte les versions pour ordinateur, tablette et téléphone mobile. L'application s'adapte à chaque taille d'écran. La page d'accueil présente l'application dans sa globalité. Avant d'interagir avec les fonctionnalités, il est nécessaire de s'authentifier. La planche de figure 2 présente les trois versions de l'application : la version pour ordinateur, tablette et téléphone mobile intelligent.

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

Accueil S'inscrire Se connecter Se déconnecter Bienvenu(e) **LTAG2024 !** profile: **Autorite UL**

- Administration
- Jeux de Données
- Analyse Spatiale
- Statistiques
- Carte de Base
- Cartes Thématiques
- Collecter
- Alerter
- Navigation



© 2024 LTAG. Tous droits réservés.
Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique

V1

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

Accueil S'inscrire Se connecter Se déconnecter Bienvenu(e) **LTAG2024 !** profile: **Autorite UL**

- Administration
- Jeux de Données
- Analyse Spatiale
- Statistiques
- Carte de Base
- Cartes Thématiques
- Collecter
- Alerter
- Navigation



© 2024 LTAG. Tous droits réservés.
Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique

V2

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

≡ Menu



© 2024 LTAG. Tous droits réservés.
Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection
Appliquée et de Géoinformatique

V3

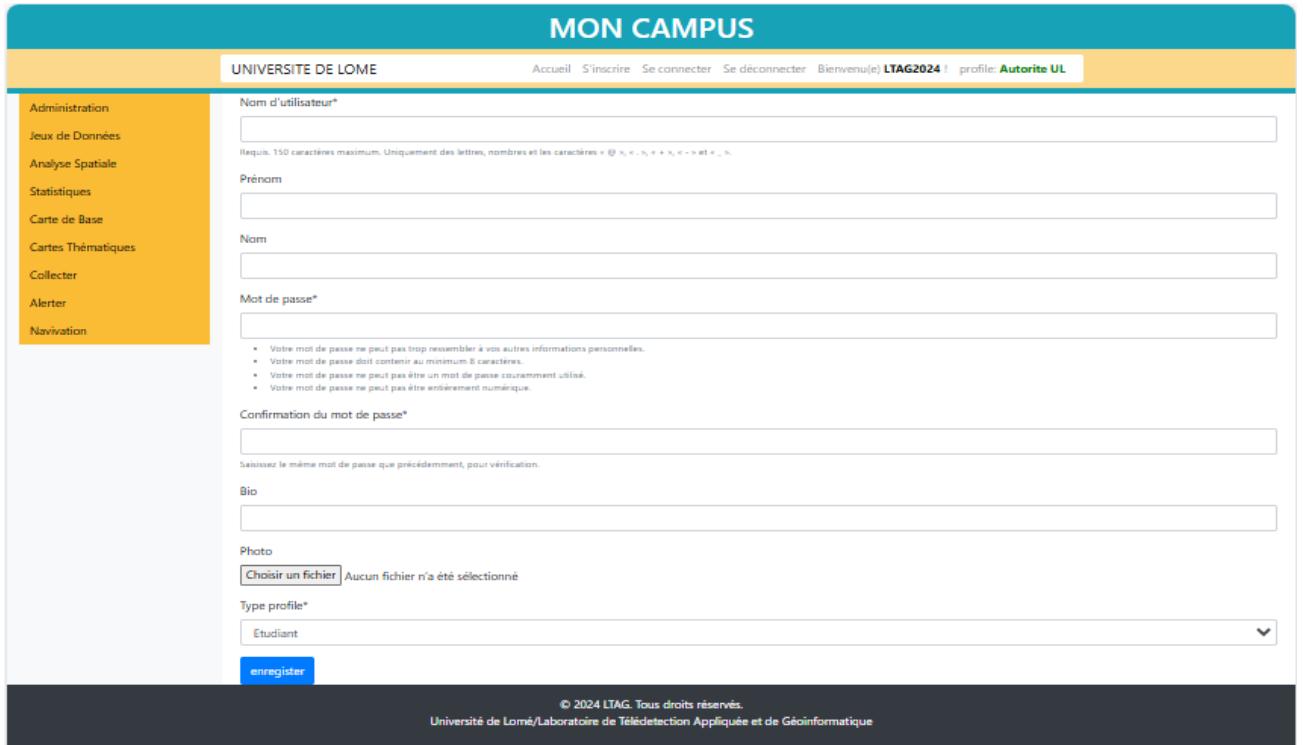
(V1) : Version ordinateur
 (V2) : Version tablette
 (V3) : Version téléphone mobile intelligent.

Planche de figure 2: Les versions supportées par l'application

Source : Travaux de laboratoire, juillet 2024.

Page de création de comptes

Chaque utilisateur doit créer un compte avant d'accéder à l'application en s'authentifiant via la page de connexion. Pour créer un compte sur l'application MonCampus, il faut cliquer sur le bouton « s'inscrire ». Chaque compte créé permet d'identifier chaque utilisateur de l'application. Lors de la création du compte, l'utilisateur peut choisir le profil d'étudiant, d'enseignant ou d'autorité UL. La figure 25 présente la page de création de compte. Après la création du compte, la page de connexion s'affiche, permettant à l'utilisateur de s'authentifier et d'accéder à l'application.



The screenshot shows the 'MON CAMPUS' registration form. The left sidebar has a yellow background with navigation links: Administration, Jeux de Données, Analyse Spatiale, Statistiques, Carte de Base, Cartes Thématisques, Collecter, Alerter, and Navigation. The main form area has a teal header 'MON CAMPUS' and a yellow bar with 'UNIVERSITE DE LOME' and user status 'Bienvenu(e) LTAG2024 ! profile: Autorite UL'. It contains fields for Nom d'utilisateur*, Prénom, Nom, Mot de passe*, Confirmation du mot de passe*, Bio, and Photo (with a 'Choisir un fichier' button). A dropdown menu for Type profile* shows 'Etudiant'. At the bottom are buttons for 'enregister' and 'Annuler'. The footer includes copyright information: © 2024 LTAG. Tous droits réservés. Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique.

Figure 25: Pages de création de comptes

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

Page de connexion

La page de connexion présente l'application dans son ensemble, mais sans l'authentification, les fonctionnalités ne seront pas disponibles. En cliquant sur les boutons des fonctionnalités, l'application vous ramènera à la page d'authentification. Le bouton « se connecter » permet de s'authentifier, et le bouton « se déconnecter » permet de se déconnecter. Une fois connecté, l'application vous souhaite la bienvenue en indiquant votre profil utilisateur. La figure 26 présente la page de connexion.

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

Administration
Jeux de Données
Analyse Spatiale
Statistiques
Carte de Base
Cartes Thématiques
Collecter
Alerter
Navigation

nom d'utilisateurs
mot de passe

se connecter

© 2024 LTAG. Tous droits réservés.
Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique

Figure 26: Page de connexion.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

⊕ Interface administrateur

L'interface administrateur est accessible uniquement par l'administrateur de l'application et lui donne accès à toutes les fonctionnalités. Le bouton « groupe » permet d'affecter des tâches spécifiques aux personnes concernées. Par exemple, il peut créer des groupes comme celui des agents de collecte de données ou des responsables de l'université accrédités pour analyser et exploiter les données et les cartes interactives. Le bouton « utilisateur » permet d'activer ou de désactiver un utilisateur et de résoudre les problèmes des utilisateurs. Le super utilisateur a accès à toute la base de données des utilisateurs, des données des IES et des alertes émises. La figure 27 illustre l'interface administrateur.

The screenshot shows the MON-CAMPUS administrator interface. At the top, there's a header bar with the title 'MON-CAMPUS' and a 'BIENVENUE, JOCEL. VOIR LE SITE / MODIFIER LE MOT DE PASSE / DÉCONNEXION' message. Below the header, there's a sidebar with 'Actions récentes' and 'Mes actions' sections. The main content area has a 'AUTHENTIFICATION ET AUTORISATION' section with 'Groupes' and 'Utilisateurs' tabs, each with 'Ajouter' and 'Modification' buttons. The main list, titled 'UL', contains items like 'Aire de stationnements', 'Aires de Repos', 'Aires de loisirs', etc., each with 'Ajouter' and 'Modification' buttons.

Figure 27: Interface administrateur.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

télécharger les données

Grâce à l'application web, il est possible de télécharger des données depuis la base de données en trois formats différents au choix : GeoPackage, GeoJSON et CSV, qui sont des formats très utilisés et qui préservent la qualité des données. Désormais, sous une demande de données, le besoin sera satisfait en fonction du format demandé. L'intérêt est que, au fur et à mesure que les données sont actualisées, le système se synchronise automatiquement. La Planche de figure 3 illustre l'interface de téléchargement de donnée sur chaque support. S1 présente l'interface sur l'ordinateur, S2 sur le support tablette et S3 l'interface support téléphone mobile intelligent.

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

Accueil S'inscrire Se connecter Se déconnecter Bienvenu(e) **LTAG2024 !** profile: **Autorite UL**

Administration
Jeux de Données
Analyse Spatiale
Statistiques
Carte de Base
Cartes Thématiques
Collecter
Alerter
Navigation

Données téléchargeables aux formats suivants

CSV	GeoJSON	GeoPackage
telecharger_zone_csv: Télécharger	telecharger_zone_geojson: Télécharger	telecharger_zone_gpkg: Télécharger
telecharger_cloture_csv: Télécharger	telecharger_cloture_geojson: Télécharger	telecharger_cloture_gpkg: Télécharger
telecharger_limite_csv: Télécharger	telecharger_limite_geojson: Télécharger	telecharger_limite_gpkg: Télécharger
telecharger_fosse_csv: Télécharger	telecharger_fosse_geojson: Télécharger	telecharger_fosse_gpkg: Télécharger
telecharger_poub_csv: Télécharger	telecharger_poub_geojson: Télécharger	telecharger_poub_gpkg: Télécharger
telecharger_passe_csv: Télécharger	telecharger_passe_geojson: Télécharger	telecharger_passe_gpkg: Télécharger

Page 1 de 5 [Suivante](#) [Dernière »](#)

© 2024 LTAG. Tous droits réservés.
Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique

S1

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

Accueil S'inscrire Se connecter Se déconnecter Bienvenu(e) **LTAG2024 !** profile: **Autorite UL**

Administration
Jeux de Données
Analyse Spatiale
Statistiques
Carte de Base
Cartes Thématiques
Collecter
Alerter
Navigation

Données téléchargeables aux formats suivants

CSV	GeoJSON	GeoPackage
telecharger_zone_csv: Télécharger	telecharger_zone_geojson: Télécharger	telecharger_zone_gpkg: Télécharger
telecharger_cloture_csv: Télécharger	telecharger_cloture_geojson: Télécharger	telecharger_cloture_gpkg: Télécharger
telecharger_limite_csv: Télécharger	telecharger_limite_geojson: Télécharger	telecharger_limite_gpkg: Télécharger
telecharger_fosse_csv: Télécharger	telecharger_fosse_geojson: Télécharger	telecharger_fosse_gpkg: Télécharger
telecharger_poub_csv: Télécharger	telecharger_poub_geojson: Télécharger	telecharger_poub_gpkg: Télécharger
telecharger_passe_csv: Télécharger	telecharger_passe_geojson: Télécharger	telecharger_passe_gpkg: Télécharger

Page 1 de 5 [Suivante](#) [Dernière »](#)

© 2024 LTAG. Tous droits réservés.
Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique

S2

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

Données téléchargeables aux formats suivants

CSV	GeoJSON
telecharger_zone_csv: Télécharger	telecharger_zone_geojson: Télécharger
telecharger_cloture_csv: Télécharger	telecharger_cloture_geojson: Télécharger
telecharger_limite_csv: Télécharger	telecharger_limite_geojson: Télécharger
telecharger_fosse_csv: Télécharger	telecharger_fosse_geojson: Télécharger
telecharger_poub_csv: Télécharger	telecharger_poub_geojson: Télécharger
telecharger_passe_csv: Télécharger	telecharger_passe_geojson: Télécharger

Page 1 de 5 [Suivante](#) [Dernière »](#)

© 2024 LTAG. Tous droits réservés.
Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique

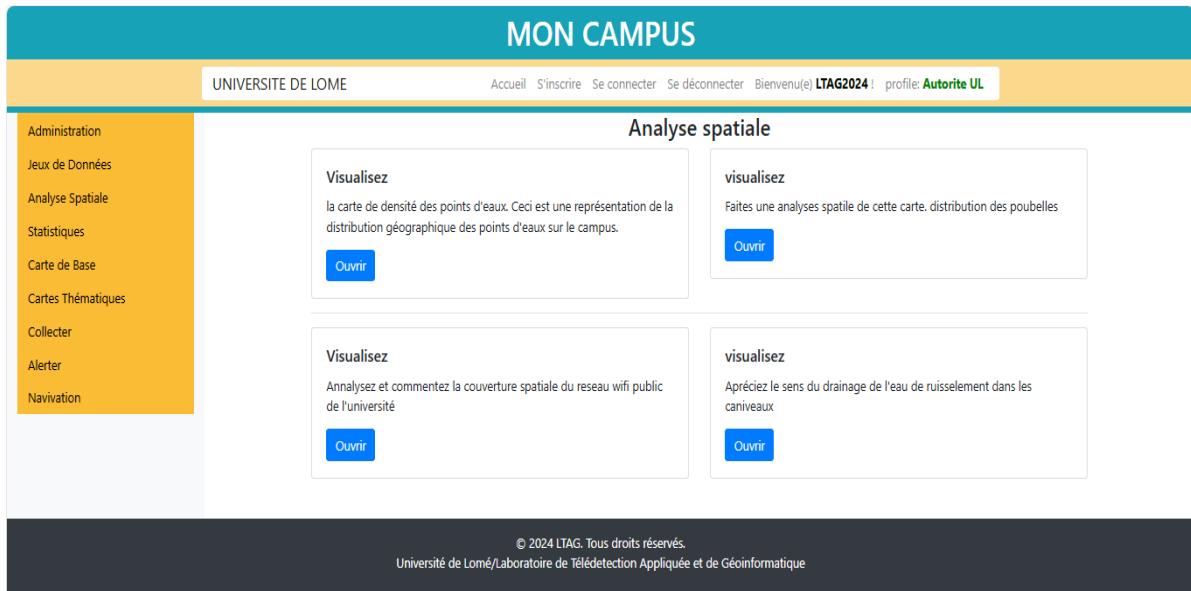
S3

Planche de figure 3: Interface de téléchargement de donnée

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

Analyse spatiale

Des outils de géotraitements et d'analyses spatiales pour la prise de décisions, l'optimisation de l'espace et la maintenance préventive sont intégrés. La figure 28 illustre l'interface d'accès aux différentes cartes thématiques.



The screenshot shows the 'MON CAMPUS' application interface. On the left, a vertical sidebar menu lists: Administration, Jeux de Données, Analyse Spatiale, Statistiques, Carte de Base, Cartes Thématiques, Collecter, Alerter, and Navigation. The main content area has a teal header 'MON CAMPUS'. Below it, a yellow bar displays 'UNIVERSITE DE LOME' and navigation links: Accueil, S'inscrire, Se connecter, Se déconnecter, Bienvenu(e) LTAG2024 ! profile: Autorite UL. The central area is titled 'Analyse spatiale' and contains four cards:

- Visualisez**: la carte de densité des points d'eaux. Ceci est une représentation de la distribution géographique des points d'eaux sur le campus. **Ouvrir**
- visualisez**: Faites une analyse spatiale de cette carte. distribution des poubelles. **Ouvrir**
- Visualisez**: Analysez et commentez la couverture spatiale du réseau wifi public de l'université. **Ouvrir**
- visualisez**: Apréciez le sens du drainage de l'eau de ruissellement dans les caniveaux. **Ouvrir**

At the bottom, a dark footer bar contains the text: © 2024 LTAG. Tous droits réservés. Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique

Figure 28: Interface d'accès aux différentes cartes thématiques.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

Les infrastructures sont visualisables par thématique par l'administrateur. Les figures 29 et 30 présentent quelques exemples de fonctionnalités d'analyse spatiale incorporées dans l'application MonCampus. La figure 29 est une capture qui présente les points wifi avec des zones tampons de 5 m en vert, 10 m en jaune et 15 m en rouge. Cela permet d'étudier la couverture spatiale de l'Internet au campus de Lomé ainsi que la distribution des points wifi.

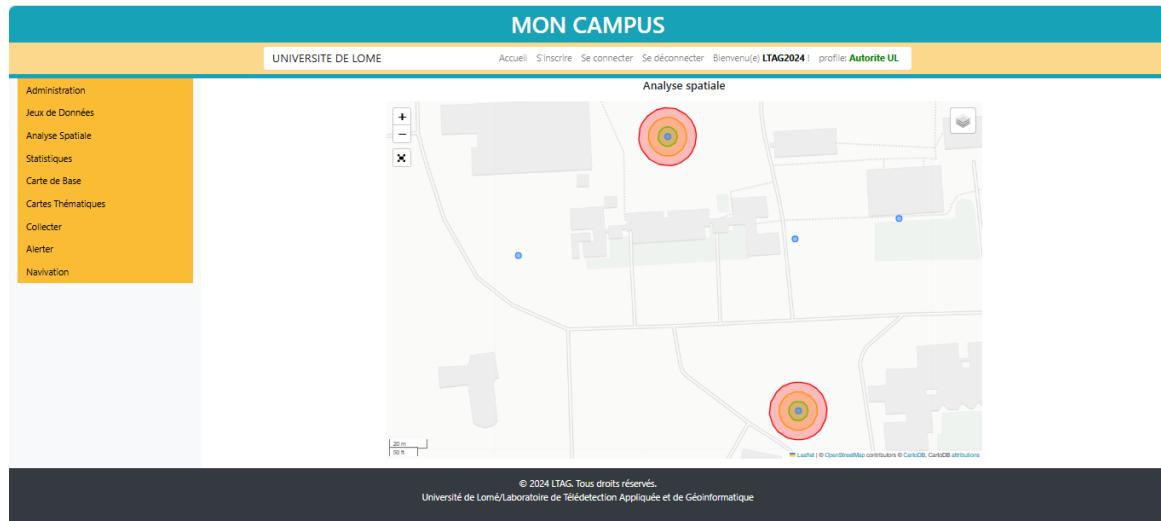


Figure 29: Cas de buffer autour des points wifi UL

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

La figure 30 est une capture d'écran de la fonctionnalité d'analyse spatiale qui permet d'étudier la densité et la distribution des points d'eau (robinets). Les points chauds en rouge indiquent une forte densité de points d'eau. Du rouge au vert, la densité diminue. Les points noirs représentent la position géographique de chaque robinet. On constate que les fortes densités sont observées dans les espaces occupés par les bâtiments et les espaces verts aménagés.

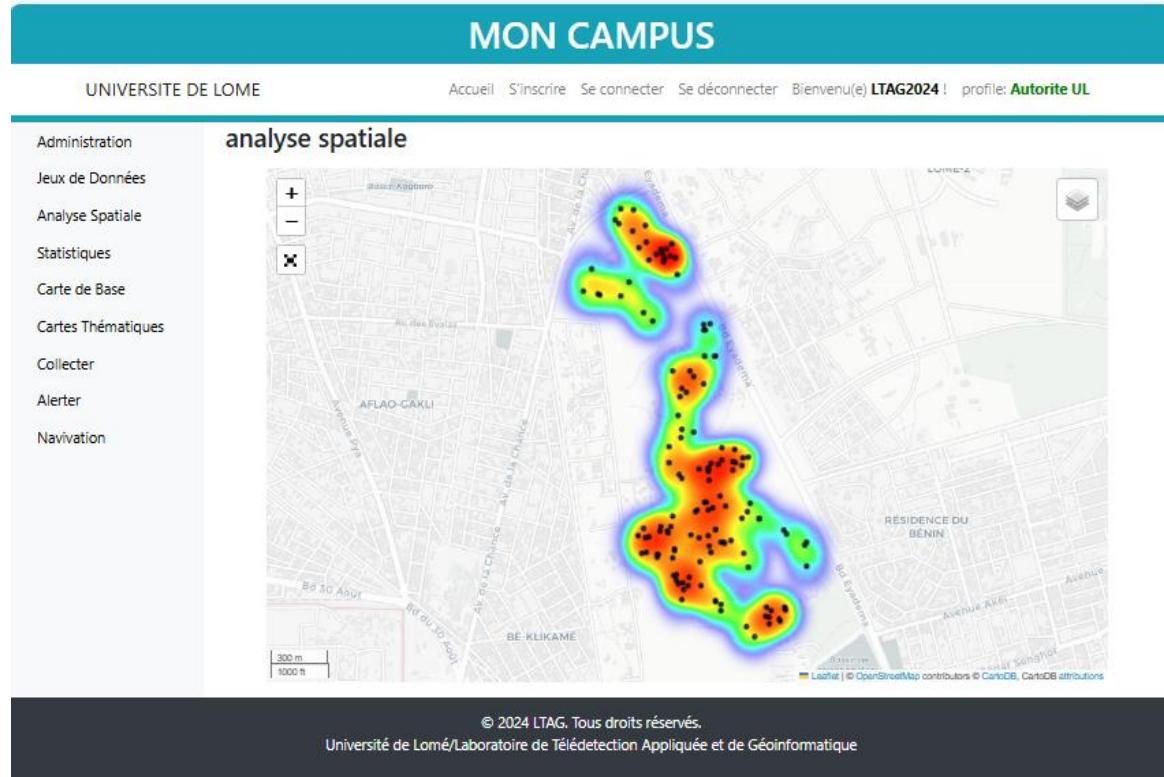


Figure 30: Cas de densité et distribution des points d'eau.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

Une carte de base

La carte de base est une carte interactive contenant toutes les données des IES. Elle est dynamique et permet de visualiser l'Université de Lomé dans son ensemble. L'aspect intéressant est que l'interaction affiche des infobulles fournissant des informations pertinentes sur chaque IES. Elle est importante pour l'autorité universitaire, car elle permet de maîtriser le campus tout en restant au bureau via une tablette Android, un téléphone mobile ou un ordinateur. La figure 31 illustre la carte de base.

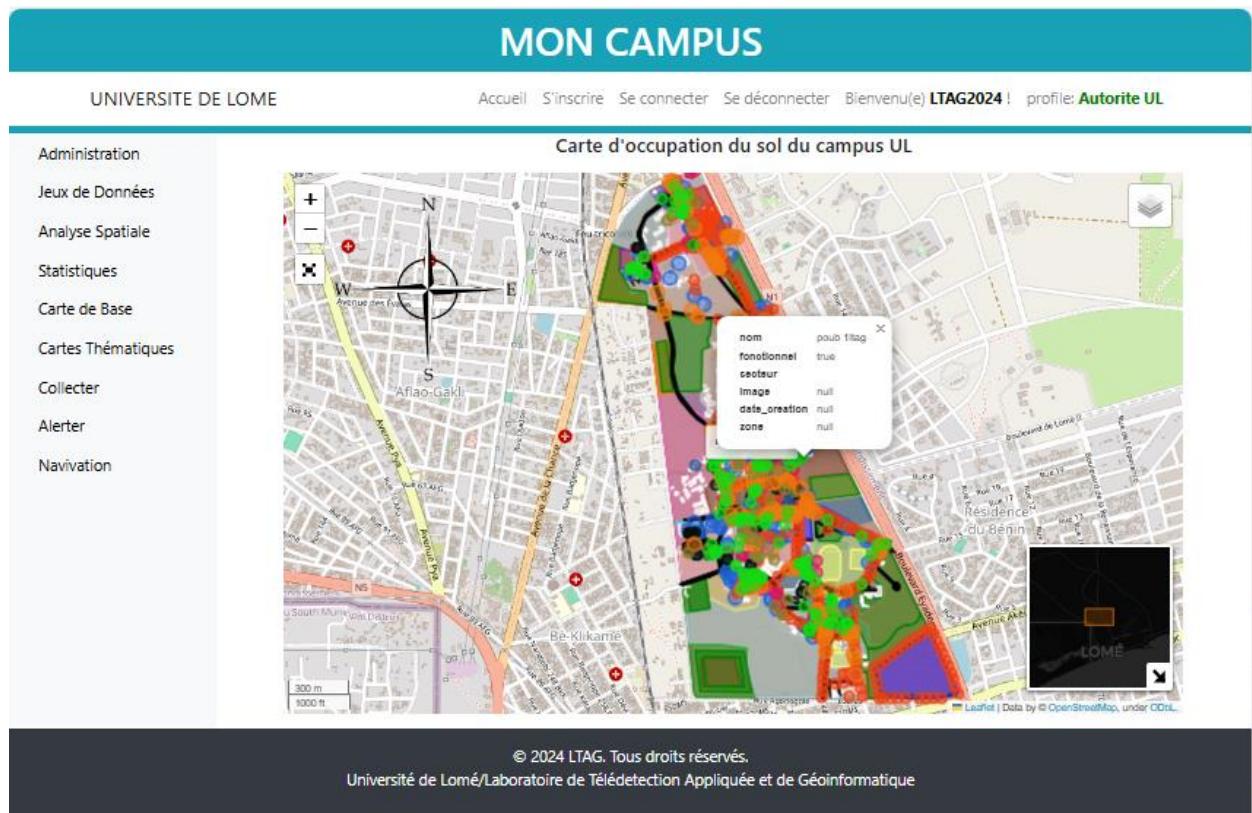


Figure 31: Capture de la carte de base.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

Collecte de données

Cette application contient un module de collecte de données. Cette application est donc utilisable comme outils de collecte de données sur téléphone mobile et tablette. Une solution adaptée à réalité de l'Université de Lomé qui permet d'enregistrer un nouveau bâtiment qui vient d'être construit, un nouveau parking, un nouveau lampadaire, etc. Non seulement il est possible d'ajouter de nouvelles données, mais il est également possible de supprimer celles qui ne sont plus sur le terrain ou de modifier les valeurs si elles ont changé. Cela a résolu les problèmes de confidentialité et de sécurité des données. Planche de figure 4 présente l'enregistrement d'une nouvelle poubelle.

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

collecte de données

Poubelle

[géopositionner](#)

batiment

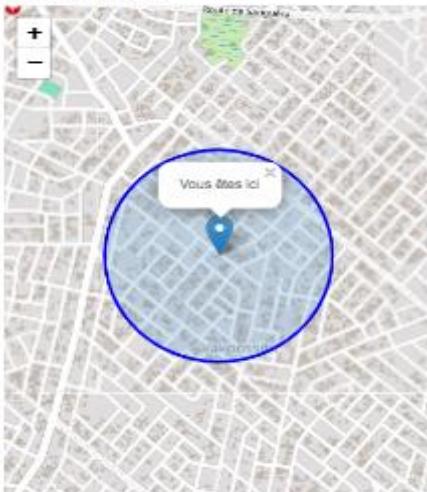
[géopositionner](#)

© 2024 LTAG. Tous droits réservés.
Université de Lomé/Laboratoire de Télédétection Appliquée et de Géoinformatique

MON CAMPUS

UNIVERSITE DE LOME

Coordonnées



La précision estimée est 500 mètres.

Ajouter Une Poubelle

Confirmer

Nom*

Latitude*

Longitude*

Fonctionnel

Secteur

Image
 Aucun fichier n'a été sélectionné

Zone*

Limite*

[Sauvegarder](#)

Planche de figure 4: Géopositionnement d'une nouvelle poubelle.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

Recherche de l'IES de proximité

L'aspect distinctif réside dans la capacité à localiser les objets les plus proches en fonction de la position géographique de l'utilisateur, optimisant ainsi la navigation sur le campus. Il est possible de trouver un reposoir, un point d'eau ou un point Wi-Fi le plus proche grâce à l'application. Un aspect important est la possibilité d'envoyer sa localisation à un ami via l'application WhatsApp à partir de l'application « MonCampus ». De plus, les invités et toute personne pourront maintenant maîtriser les lieux et s'y rendre avec précision grâce à l'application qui les guide. Les indications erronées et les frustrations seront maintenant réduites. La figure 32 est un exemple de recherche du bâtiment LTAG. Le bouton « aller à la position » conduira à la localisation de LTAG.

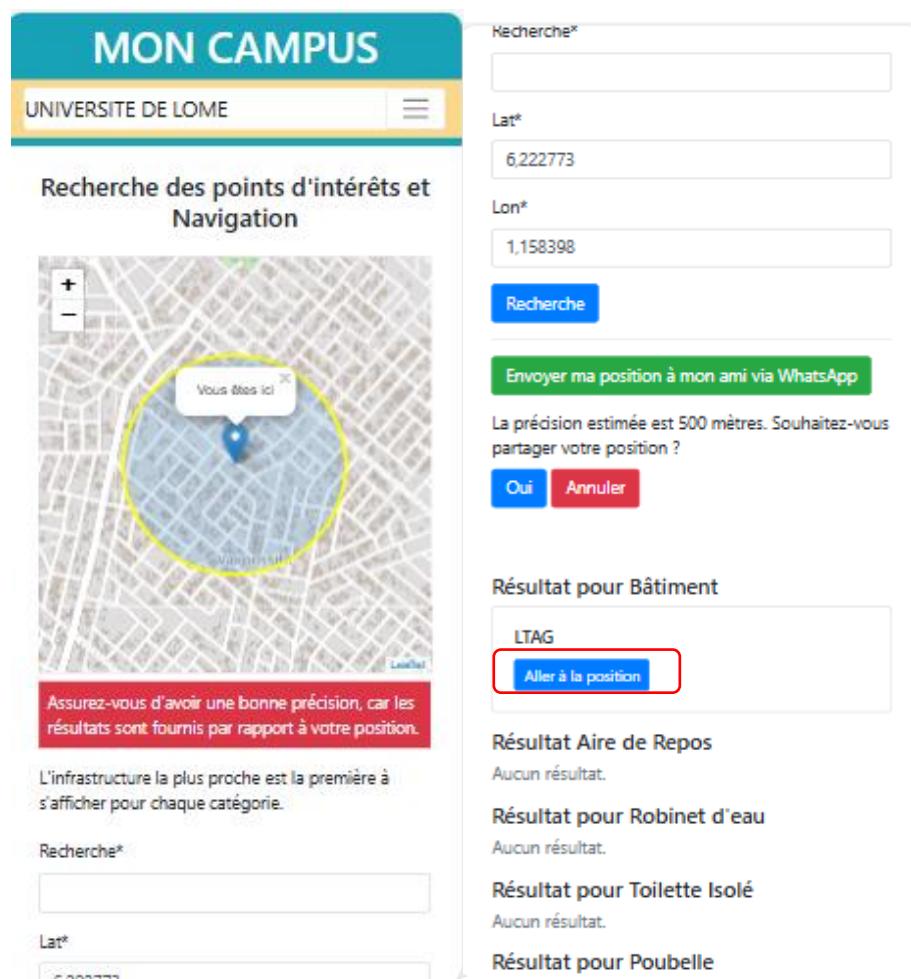


Figure 32: Exemple de rechercher du lieu 'LTAG'.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

4.3 Intégration d'un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures

L'objectif 3 de cette recherche était d'intégrer un système d'alerte permettant de signaler les dysfonctionnements des IES. Cet objectif a été atteint. Le bouton « alerte » de l'application MonCampus affiche le menu de la figure 33, une version mobile de l'application. Il est possible d'effectuer des alertes pour les bâtiments, les lampadaires (éclairages), les points d'eau, les points wifi, les poubelles, les reposoirs, les espaces verts, etc. En cas de dysfonctionnement constaté pour les IES cités, tout riverain peut effectuer une alerte qui est automatiquement reçue à l'interface de l'administration de l'application. Ces alertes peuvent améliorer le diagnostic des pannes et différents problèmes sur le campus de l'université de Lomé. Ainsi, cette solution participe à réduire le temps de constat des pannes et peut aussi améliorer le temps de réaction des responsables de l'université.

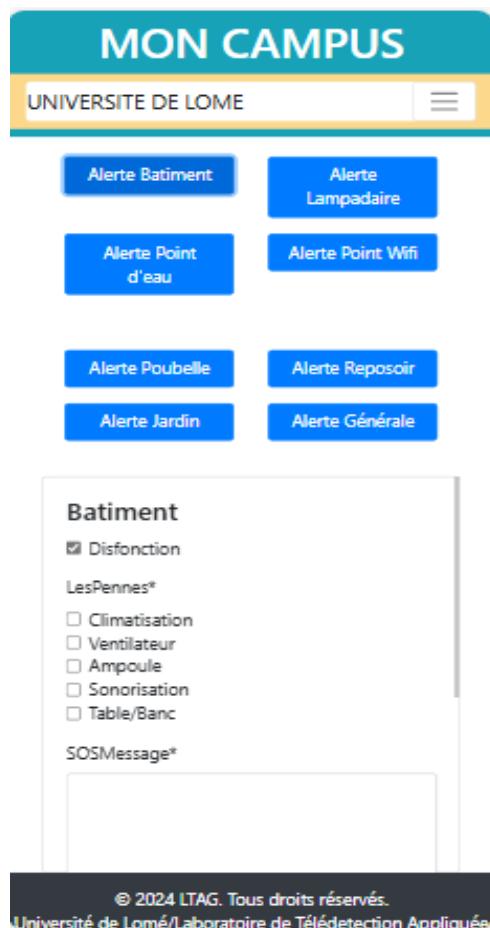


Figure 33: Exemple d'alerte bâtiment.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

La figure 34 présente l'interface administrateur dans la section de gestion des alertes, plus précisément pour le cas des lampadaires. L'alerte émise contient le code de l'alerte, le nom du lampadaire en question, le contenu du message d'alerte, la date de l'émission de l'alerte et l'auteur de l'alerte, c'est-à-dire l'utilisateur qui a émis cette alerte.

The screenshot shows a web-based administrative interface titled "MON-CAMPUS". The top navigation bar includes links for "BIENVENUE", "JOCEL", "VOIR LE SITE / MODIFIER LE MOT DE PASSE / DÉCONNEXION". Below the header, a green banner displays the message: "L'objet alerte lampadaire « alerte_1_Lampe » a été modifié avec succès." The main content area is titled "Sélectionnez l'objet alerte lampadaire à changer". A table lists two alerts:

Action :	LAMPADAIRE	DISFONCTION	SOSMESSAGE	DATE ALERTE	AUTEUR
<input type="checkbox"/>	lampe CEET	✓	machin test	10 avril 2024 13:21	Adminbariga228
<input type="checkbox"/>	lampe soleil	✓	lampe non fonctionel machin machin	9 avril 2024 23:35	BIZ

Below the table, a note says "2 alerte lampadaires". On the right side of the page, there is a button labeled "AJOUTER ALERTE LAMPADAIRE +".

Figure 34: Interface administrateur dans la section de gestion des alertes.

Source : *Travaux de laboratoire, juillet 2024.*

CHAPITRE V : DISCUSSION

5.1 Acquisition de données et bases de données géospatiales.

De nos jours, les données sont essentielles pour toute prise de décision et sont au cœur de la recherche scientifique. Elles alimentent le progrès constant du monde. Les données géospatiales, en particulier, offrent de nombreux avantages, mais elles présentent aussi des défis. Les bases de données géospatiales doivent préserver avec précision les caractéristiques géographiques, tout en permettant une manipulation et une mise à jour faciles des informations. La présente étude a pour premier objectif l'acquisition de données géospatiales sur les IES de l'Université de Lomé. Cette étude a diagnostiqué vingt-trois types d'IES, tels que : caméras, éclairage, bâtiments, fosses septiques, kiosques, toilettes isolées, points d'eau, poubelles, reposoirs, stations météo, pilonne de télécommunications, bassins d'orage, panneaux de signalisations, passerelles, aires de stationnement, aires de repos, caniveaux, voiries, aires de loisirs, arbres reboisés, arbres isolés, trame verte et clôtures.

Dans cette étude, la priorité a été donnée à la prévention des erreurs lors de la collecte sur le terrain et de l'enregistrement des données dans la BD. La prévention des erreurs est en effet un aspect essentiel pour garantir la qualité des données. En utilisant QField comme outil de collecte, les champs ont été soigneusement prédéfinis, et des valeurs par défaut accompagnées de contraintes de contrôle ont été appliquées. Cela a permis d'éviter que les agents de terrain introduisent des données incorrectes ou aberrantes. Ce processus a été entièrement programmé avant le lancement du projet de collecte de données, garantissant ainsi une certaine rigueur dès le départ. Malgré ces mesures de prévention, une étape de correction a été mise en place après la collecte, afin de s'assurer que les données soient conformes aux attentes. Chapman (2005) a également mené des recherches similaires sur la gestion de la qualité des données, en recommandant une approche qui combine la prévention et la correction pour assurer la fiabilité des données dans la BD. En suivant cette approche, la qualité et la fiabilité des données géospatiales collectées sur le campus de l'Université de Lomé ont été renforcées. De plus, la collecte a été réalisée selon un découpage par zones, en respectant la division géographique de l'Université de Lomé en pôle thématiques. Cela permet aux autorités de connaître précisément le type et le nombre d'IES présents dans chaque zone. Cette approche facilite non seulement la gestion et l'aménagement par zone, mais elle offre aussi une vue claire sur l'occupation du sol dans chaque zone du campus. Cette démarche assure une meilleure organisation spatiale et une optimisation des ressources pour le développement futur de l'Université de Lomé.

La gestion des données géospatiales est effectué par un SGBDR, en l'occurrence PostgreSQL. Ce choix s'aligne sur les travaux de Holemans (2017), qui souligne que les SGBDR sont définis par un schéma rigide nécessitant des données structurées. Ces systèmes permettent une normalisation des tables pour éviter toute redondance, tout en assurant l'intégrité des données et la cohérence des transactions. Ce choix s'est avéré pertinent pour cette recherche, car PostgreSQL garantit non seulement une intégrité et une structuration des données, mais il permet également d'effectuer des requêtes spécifiques pour obtenir des résultats précis. Cependant, comme le souligne Holemans, l'un des inconvénients majeurs des SGBDR réside dans leur gestion de grandes quantités de données. Bien que ce problème ne se pose pas encore dans cette étude, car le volume de données reste modéré, il pourrait devenir pertinent dans des situations où les volumes augmenteraient de façon significative. Enrique (2021) compare les SGBDR avec les systèmes NoSQL, en particulier dans une étude traitant de grands volumes de données. Son choix de MongoDB pour héberger les données géospatiales sur les mammifères marins de la Patagonie s'explique par l'aptitude des bases NoSQL à gérer des volumes massifs de données de manière flexible. Contrairement à PostgreSQL utilisé dans la présente recherche, MongoDB n'exige pas de schéma rigide, ce qui le rend plus adapté aux environnements où les données évoluent rapidement. La différence dans le choix des SGBD entre cette étude et celle d'Enrique réside dans la nature des données et leur exploitation. Ici, PostgreSQL a été choisi pour sa capacité à structurer des données relationnelles et à maintenir l'intégrité des informations géospatiales de manière rigoureuse. Pour des besoins spécifiques et des volumes de données plus importants, le choix pourrait s'orienter vers des SGBD NoSQL. Ceci démontre l'importance de choisir un SGBD en fonction des besoins opérationnels et du volume de données à traiter.

La présente étude a pris en compte de manière proactive les incohérences des données géospatiales, telles qu'observé par Khalfi (2017) afin de minimiser leurs impacts sur la qualité des données. Khalfi distingue à la fin de ses travaux, quatre principaux types d'incohérences : logiques, géométriques, structurelles et sémantiques. Chacune de ces incohérences peut compromettre la précision et l'utilité des données géographiques si elles ne sont pas correctement gérées. Les incohérences logiques surviennent lorsque les modèles conceptuels ne reflètent pas fidèlement la réalité du terrain. Pour pallier ce problème, avant même de procéder à la modélisation des données, une observation directe sur le terrain a été effectuée. Vingt-cinq entités (*voir Tableau 9*) ont été retenues pour la modélisation conceptuelle. Cette démarche visait à comprendre les relations et la dynamique entre les IES et leur environnement.

Ainsi, la modélisation des données a pu tenir compte des spécificités observées sur le terrain, garantissant que le modèle reflète avec précision la réalité. Les incohérences géométriques apparaissent lorsque les géométries des objets géographiques sont mal choisies pendant la modélisation, affectant ainsi leur représentation et leur traitement.

Dans cette étude, une attention particulière a été accordée au choix des types de géométries (point, ligne, polygone) attribués aux IES en fonction des phénomènes qu'ils représentent. Par exemple, les objets ponctuels comme les lampadaires ou les points d'eau ont été modélisés avec des géométries ponctuelles, tandis que les infrastructures à extension spatiale, telles que les bâtiments et les aires de loisirs, ont été modélisées avec des géométries polygonales, permettant ainsi de calculer leur surface. Les incohérences structurelles se manifestent lorsque la structure de stockage des données ne correspond pas aux spécifications du modèle conceptuel. L'outil de modélisation Vertabelo, spécialement adapté aux bases de données relationnelles, a été utilisé pour garantir cette correspondance avec le SGBDR PostgreSQL. Le choix des outils s'est fait en fonction de leur compatibilité afin d'éviter des incohérences structurelles. Les incohérences sémantiques concernent les valeurs saisies qui ne correspondent pas à la réalité qu'elles sont censées représenter. Pour éviter ces erreurs, des contraintes ont été imposées lors de la collecte des données avec l'outil QField. Les travaux de Khalfi (2017) révèlent les sources d'incohérence dans les bases de données géospatiales, tandis que Chapman (2005) propose un cadre général de gestion de la qualité des données. La présente étude fait une application des deux recherches et les résultats finaux savent la BD épousent leurs conclusions. Les données collectées sont de bonne qualité, fiables et adaptées aux besoins de l'Université de Lomé.

5.2 Plateforme web géospatiale interactive.

L'application web MonCampus répond à des besoins spécifiques de gestion géospatiale des IES de l'Universitaire de Lomé. L'application MonCampus, est développée par les solutions libres et sur mesure. Le choix d'utiliser des technologies open-source comme Django, GeoDjango et PostgreSQL pour le backend, ainsi que Bootstrap, HTML, CSS et JavaScript pour le frontend, a permis de créer une plateforme qui répond spécifiquement aux besoins de l'Université de Lomé. Contrairement aux solutions payantes, MonCampus offre l'avantage de pouvoir être mise à jour et améliorée sans les contraintes financières ou techniques liées aux logiciels propriétaires. Cela permet une évolution continue de l'application en fonction des exigences futures, tout en maintenant une identité propre et unique. MonCampus peut ainsi s'enrichir de nouvelles fonctionnalités, évoluer en termes de design, et mieux répondre aux besoins

spécifiques de gestion des IES. La limite ou contrainte de cette approche est qu'elle nécessite un développeur informatique et nécessite beaucoup de temps dans la conception.

La présente étude a permis non seulement de collecter des données, mais aussi de centraliser ces données géographiques de l'Université de Lomé dans l'application MonCampus, facilitant leur accès tout en garantissant la sécurité. MonCampus permet le téléchargement des données relatives aux IES de l'Université de Lomé au format CSV, GeoPackage et GeoJSON, offrant ainsi une diversité de choix de formats pour les utilisateurs, notamment les géographes. Ansotte et al. (2019) ont également centralisé dans une seule base de données des données pluviométriques nationales, auparavant dispersées dans diverses bases de données et formats. Cependant, leur application ne permettait le téléchargement que sous un seul format, le CSV. Les formats GeoJSON et GeoPackage, à la fois légers et structurés en paires clé-valeur, permettent une manipulation plus efficace de grands volumes de données géospatiales, ce qui se distingue de la solution de Ansotte et al. (2019), limitée au seul format CSV.

MonCampus propose des cartes d'analyse spatiale et permet de se familiariser avec le campus de l'Université de Lomé grâce aux cartes interactives qu'elle offre aux autorités universitaires. Cette recherche a produit des cartes d'analyse spatiale interactive, telles que la couverture spatiale de l'internet, la couverture des points d'eau, et la répartition des poubelles publiques. Chaque carte interactive diffuse des informations utiles. Manel (2022) a réalisé une étude similaire pour les données agricoles en Tunisie, soulignant l'importance d'une plateforme géospatiale dans la diffusion des données agricoles. Manel (2022) a démontré l'efficacité des plateformes géospatiales pour améliorer la diffusion des données agricoles en Tunisie. Les deux études illustrent comment les technologies géospatiales facilitent l'accès aux données en un temps record, optimisent la prise de décision et améliorent la gestion des ressources, qu'elles soient agricoles ou institutionnelles. Bien que les outils et technologies utilisés diffèrent d'une étude à l'autre, les résultats sont similaires.

L'application MonCampus joue un rôle essentiel en facilitant la localisation des infrastructures et équipements au sein de l'Université de Lomé, en fonction de la position de l'utilisateur. Par exemple, une personne cherchant un point d'eau ou un enseignant souhaitant localiser un amphithéâtre peut utiliser l'application pour se géolocaliser et naviguer jusqu'à destination. Cette fonctionnalité de géolocalisation apporte une valeur ajoutée significative à la mobilité sur le campus, en rendant l'accès aux infrastructures plus rapide et intuitif. Comparée aux travaux d'Apparicio et al. (2022) sur l'application « Géolocalisateur d'entreprises de Lanaudière », qui permet aux résidents de la ville de Lanaudière de rechercher des emplois en fonction de critères

spécifiques (compétences, secteurs d'activité, moyens de transport), MonCampus partage un objectif similaire d'optimisation des déplacements dans un espace donné. Cependant, les deux applications rencontrent un défi commun : la nécessité de maintenir une base de données géospatiale à jour. En effet, pour que MonCampus soit pleinement efficace, il est nécessaire de mettre régulièrement à jour la base de données des infrastructures. Toute modification non prise en compte dans les adresses ou la position géographique pourrait entraîner des erreurs ou des incohérences dans la navigation. La pertinence de MonCampus réside dans sa capacité à répondre aux besoins spécifiques de l'Université de Lomé en centralisant et en rendant accessibles les données géographiques du campus. Cette application facilite la gestion des infrastructures, propose un outil d'aide à la géolocalisation et permet la collecte de données de manière autonome. Grâce à ces fonctionnalités, MonCampus contribue à une gestion quotidienne plus efficace des infrastructures tout en renforçant l'efficacité des activités pédagogiques et administratives.

5.3 Alerte et maintenance des infrastructures à l'Université de Lomé.

Cette étude a mis en place un système d'information réactif qui permet à la communauté universitaire de participer activement à la résolution des problèmes liés aux infrastructures de l'Université de Lomé. Grâce à l'application MonCampus, toute personne peut signaler des infrastructures défectueuses, telles que des lampadaires, des bâtiments ou des points d'eau etc. Les alertes émises via MonCampus sont immédiatement transmises à l'administration, qui peut ainsi intervenir de manière précise, à condition de disposer des ressources techniques, financières et humaines nécessaires. Les travaux de Peres (2018) soulignent également l'importance des plateformes collaboratives dans la participation citoyenne. Dans son étude sur les villes du Québec, Peres montre que les téléphones mobiles intelligents peuvent jouer un rôle clé dans la gestion des infrastructures urbaines. En effet, le processus traditionnel d'identification des infrastructures endommagées ou défectueuses est souvent long et coûteux. En impliquant les citoyens à travers des plateformes collaboratives, les municipalités peuvent réduire les délais d'intervention et optimiser l'utilisation des ressources. Cette approche est directement comparable à celle mise en œuvre dans l'application MonCampus, où les étudiants et le personnel de l'Université de Lomé participent activement à l'identification des infrastructures défaillantes en temps record. Il existe une nuance importante entre les travaux de Preres (2018) et la présente étude, qui souligne la valeur ajoutée de l'application MonCampus. Contrairement à l'approche de Preres, où l'utilisateur doit simplement signaler un problème en étant à la position géographique d'une infrastructure sans qu'elle soit préalablement

enregistrée, MonCampus intègre déjà toutes les infrastructures dans sa base de données. Cela permet à l'administrateur du système de connaître l'identifiant unique de chaque infrastructure et d'accéder à l'historique complet des alertes associées. Cette fonctionnalité apporte un avantage significatif en facilitant le suivi des défaillances, l'analyse des données à long terme.

En amont des travaux de Peres, Alvarez (2015) a également démontré l'importance de la géomatique et des téléphones mobiles intelligents dans le domaine de la santé, à travers une application facilitant l'accès aux défibrillateurs à Genève. Son étude illustre comment la géolocalisation et les alertes en temps réel peuvent sauver des vies, notamment dans des situations d'urgence telles que les crises cardiaques. Bien que son approche soit centrée sur le secourisme, elle met en lumière un principe commun avec MonCampus : l'importance d'une réponse rapide et localisée, rendue possible par les technologies géospatiales et le téléphone mobile intelligent. La pertinence de cette étude réside donc dans sa capacité à montrer comment les téléphones mobiles intelligents, associés aux techniques géomatiques, peuvent améliorer la gestion des IES au sein de l'Université de Lomé. En impliquant directement la communauté universitaire, l'application MonCampus permet non seulement de réduire les délais d'intervention, mais aussi de responsabiliser la communauté universitaire dans la gestion des IES de l'Université de Lomé. Cependant, dans l'émission des alertes, MonCampus présente une faiblesse notable : la désignation des infrastructures défectueuses. En effet, toutes les infrastructures ne sont pas immatriculées ni nommées, ce qui complique leur identification précise. Une solution potentielle serait d'attribuer un numéro d'immatriculation unique à chaque infrastructure de l'université. Cela permettrait de garantir une utilisation plus performante de l'application. Cette mesure renforcerait l'efficacité du système d'alerte.

CONCLUSION GENERALE

La recherche menée dans ce mémoire visait à créer un système d'information géographique interactif dédié à la gestion des IES de l'Université de Lomé à travers une plateforme web géospatiale. En s'appuyant sur les objectifs définis, les résultats obtenus confirment globalement les hypothèses formulées.

Tout d'abord, le premier objectif de création d'une base de données géospatiale et de collecte des données sur les IES a été atteint. Les données collectées relatives aux IES et hébergées dans le SGBD PostgreSQL, peuvent être interrogées par des requêtes SQL afin d'extraire des informations utiles à la gestion et à la planification. Cela valide l'hypothèse selon laquelle une base de données géospatiale faciliterait une gestion efficace et précise des IES. Les résultats montrent que cette base de données constitue une ressource centrale pour la gestion des IES sur le campus de l'Université de Lomé, en permettant un accès rapide à des informations actualisées.

Le deuxième objectif, qui portait sur la conception et le développement d'une plateforme Web géospatiale interagissant avec la base de données, a également été atteint. La plateforme interactive « MonCampus » permet non seulement de collecter et de mettre à jour les données relatives aux IES, mais aussi d'analyser et de visualiser ces données sous forme de cartes thématiques interactives. Elle met à disposition des consommateurs, les données géospatiales sous trois formats. De plus, elle offre des fonctionnalités complémentaires comme la recherche des infrastructures à proximité et l'amélioration de la mobilité interne au sein du campus. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle une plateforme web géospatiale interactive optimiserait la collecte, le stockage, l'analyse et la visualisation de l'information géographique est confirmée par les résultats.

Enfin, le troisième objectif, qui visait à intégrer un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures, a été pleinement atteint. Le module de signalement d'infrastructures défectueuses intégré à « MonCampus » permet d'émettre des alertes, ce qui améliore la rapidité et l'efficacité des interventions de maintenance des IES défectueuses. Cela confirme l'hypothèse selon laquelle l'utilisation de la plateforme web permettrait de localiser, identifier et résoudre plus rapidement les dysfonctionnements des infrastructures. En conclusion, les résultats obtenus valident les trois hypothèses formulées et démontrent que l'application des

technologies géospatiales peut contribuer de manière significative à l'amélioration de la gestion des IES à l'Université de Lomé.

En termes de recommandation, la base de données résultant de cette recherche n'est qu'un premier pas ; elle doit être actualisée et exploitée. Les résultats de cette recherche, à savoir la base de données et l'application web développée géospatiale sont des livrables précieux. Il est judicieux que ces résultats soient exploités, analysés et que leur utilité pour l'université soit évaluée.

Les outils, la méthodologie et les techniques appliqués depuis la conception du projet de collecte de données jusqu'à l'acquisition des données ont été travaillés avec soin et précision dans le but de produire des données de qualité et utiles. L'attention est attirée sur les responsables de l'université pour qu'ils tirent profit de ces résultats.

La base de données géospatiale doit être régulièrement mise à jour pour refléter les changements et les nouvelles acquisitions infrastructurelles. Une équipe dédiée devrait être mise en place pour assurer cette mise à jour continue et sa gestion.

Les données collectées doivent être exploitées et analysées régulièrement pour orienter les décisions stratégiques de l'université.

L'application « MonCampus » peut être enrichie de nouveaux modules et hébergée sur un serveur pour une utilisation publique.

Attribuer un numéro matricule unique à chaque infrastructure serait un pas en avant vers une identification unique de chaque objet géographique observé à l'université. Cela permettrait d'améliorer le suivi, le contrôle et la gestion des IES.

PRESENTATION DU PROJET PROFESSIONNEL

Titre du projet : Système d'Information Géographique pour Optimiser l'Intervention des Sapeurs-Pompiers et Ambulances à Lomé.

INTRODUCTION

Les chiffres d'accidents au Togo d'après le ministère de la sécurité et de la protection civile, montrent une tendance alarmante, particulièrement dans la ville de Lomé, où la croissance démographique amplifie les risques d'incidents graves, comme les incendies et les accidents. En 2022, le Togo a enregistré un total de **7 507 accidents** qui ont fait **683 morts** et **9 918 blessés**, marquant une légère hausse par rapport à 2021 (7.392 accidents, 680 morts et 9.376 blessés). Cette tendance continue avec **3 262 accidents, 282 décès** et **4 611 blessés** pour le premier semestre de 2023. Dans ce contexte de croissance urbaine et d'augmentation des interventions pour sinistres, l'usage d'un Système d'Information Géographique pourrait révolutionner la gestion des secours. Un SIG permettrait aux services d'urgence de localiser les incidents en temps record et d'optimiser les itinéraires d'intervention pour réduire le temps de réponse. À Lomé, où les interventions des sapeurs-pompiers et des ambulances sont devenues plus fréquentes, un tel système pourrait aider à limiter les pertes humaines et matérielles en assurant une prise en charge rapide et coordonnée. En intégrant les données d'accidents et d'incidents dans un SIG, les autorités peuvent également **analyser les points chauds** où se concentrent les sinistres, permettant une meilleure planification de la prévention et des ressources de secours. Les avantages d'un SIG pour le Togo, et plus particulièrement pour une ville en expansion rapide comme Lomé, vont au-delà de la simple cartographie : il s'agit d'un outil stratégique pour **sauver des vies** et **améliorer la sécurité publique**.

OBJECTIFS DU PROJET

Le projet vise à mettre en place un SIG pour faciliter l'intervention des sapeurs-pompiers et des ambulances à Lomé. Ce SIG permettra de :

- améliorer la rapidité et l'efficacité des interventions des services de secours ;
- réduire le risque d'erreurs d'itinéraire ou de précision de destination ;
- améliorer la coordination entre les différents services de secours.

METHODOLOGIE

Le projet sera développé en deux phases :

Phase 1 : Collecte des données et analyse des besoins

Cette phase consistera à collecter les données nécessaires au fonctionnement du SIG tel que les emplacements des services de secours. Elle permettra également d'analyser les besoins des utilisateurs du SIG.

Phase 2 : Développement du SIG

Cette phase consistera à développer l'application web du SIG. L'application devra disposer d'une interface utilisateur simple et intuitive pour les citoyens et d'une interface administrateur pour les services de secours.

L'interface utilisateur du SIG permettra aux citoyens de signaler un incident en renseignant la localisation du lieu du sinistre. L'interface administrateur permettra aux services de secours de visualiser les incidents signalés et de tracer les itinéraires les plus courts pour atteindre les lieux de sinistre.

EQUIPE PROJET

L'équipe projet sera composée de géomaticiens, d'ingénieurs informatiques, de représentants des services de secours et l'autorité du service public.

DURE DU PROJET

Le projet a une durée de six mois planifiés comme suit :

- collecte des données et analyse des besoins (2 mois)

L'équipe collecte les données géospatiales nécessaires et identifie les besoins des utilisateurs du SIG, en consultant les services de secours

- développement du SIG (2 mois)

Conception de l'application web, avec une interface simple pour les citoyens et une interface avancée pour les services de secours.

- tests et ajustements (1 mois)

Tests de l'application en situation réelle pour vérifier les fonctionnalités, avec ajustements basés sur les retours des utilisateurs.

- formation et déploiement (1 mois)

Formation des utilisateurs clés, suivie du déploiement complet du système pour un usage opérationnel par les services de secours.

BUDGET PREVISIONNEL

Le budget total du projet, s'élevant à 18 610 000 FCFA (dix-huit millions six cent dix mille francs CFA), est réparti en plusieurs catégories pour garantir son succès, visant à optimiser les interventions des sapeurs-pompiers et des ambulances à Lomé. Une enveloppe de 1 000 000 FCFA (un million de francs CFA) est destinée aux campagnes de communication pour sensibiliser la population aux nouvelles procédures d'intervention. Par ailleurs, 2 000 000 FCFA (deux millions de francs CFA) sont alloués à l'organisation d'ateliers de validation, englobant la restauration et le matériel, pour favoriser l'engagement des parties prenantes. Les ressources humaines représentent une part majeure du budget, avec 9 600 000 FCFA (neuf millions six cent mille francs CFA) réservés aux honoraires des géomaticiens et ingénieurs informatiques. L'acquisition de matériel, incluant des serveurs et des équipements de collecte de données, nécessite 3 330 000 FCFA (trois millions trois cent trente mille francs CFA), tandis que 2 680 000 FCFA (deux millions six cent quatre-vingt mille francs CFA) sont affectés aux logiciels, couvrant l'achat de licences, le développement de l'application web et sa maintenance.

Tableau 15: Grandes lignes du budget.

N°	Catégorie Principale	Détail	Quantité	Coût Unitaire (FCFA)	Montant Total (FCFA)
1	Communication	Campagnes de sensibilisation	Forfait	1 000 000	1 000 000
	Total Communication				1 000 000
2	Ateliers de validation	Organisation des ateliers	Forfait	1000 000	1 000 000
		Restauration et matériel d'atelier	Forfait	1000 000	1000 000
	Total Ateliers				2 000 000
3	Personnel	Ingénieurs géomaticiens (6 mois)	2	400 000/mois	4 800 000
		Ingénieurs informatiques (6 mois)	2	400 000/mois	4 800 000
	Total Personnel				9 600 000
4	Matériel	Serveurs	1	1 500 000	1 500 000
		Équipements de collecte de données (tablettes)	11	80 000	880 000
		Autres équipements (ordinateur portable)	1	950 000	950 000
	Total Matériel				3 330 000
5	Logiciels	Utilitaire SIG (Qfield)	11	80 000/licence	880 000
		Développement web de l'application	Forfait	1 000 000	1 000 000
		Maintenance logicielle (2 ans)	Forfait	800 000	800 000
	Total Logiciels				2 680 000
	Total Général				18 610 000

Source : Réalisé par Dira-Bariga SAGUINTAAH, octobre 2024.

CONCLUSION

Le projet de SIG pour faciliter l'intervention des sapeurs-pompiers et des ambulances à Lomé est un projet important qui apportera des bénéfices concrets aux citoyens et aux services de secours. Ce projet représente une avancée significative dans la modernisation des services d'urgence à Lomé, en exploitant les technologies géospatiales pour optimiser les interventions. L'implémentation réussie de ce système contribuera à sauver des vies et à minimiser les dommages en cas d'urgence.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alvarez F., (2015). *Analyse et conception d'une application permettant de localiser des défibrillateurs externes automatisés et semi-automatisés*, Mémoire de bachelor, Haute école de gestion de Genève, 43p.
- Ansotte G., Bailly R., Ricci D., (2019). *Développement d'une application Web pour la gestion des données pluviométriques*, Master en sciences informatiques, Ecole polytechnique de Louvain, Université catholique de Louvain, 71 p.
- Apparicio P., Maignan D. et Gelb J., (2022). Développement et architecture d'une application web pour localiser les entreprises près de vous selon le mode de transport : le géolocalisateur d'entreprises de Lanaudière. *Revue canadienne des sciences régionales*, vol. 45, no 1, pp : 5–15.
- Azizi D. E. et Kadjoudj A., (2017). *Développement d'outils d'exploitation de la cartographie en ligne (Google Maps) pour la gestion du cadastre*, Mémoire de master, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila, 174 p.
- Balley S., (2007). *Aide à la restructuration de données géographiques sur le web : vers la diffusion à la carte d'information géographique*, Thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée, France 253 p.
- Behmo R., et Travers N., (2019). *Choisissez votre famille NoSQL*, OpenClassrooms.
- Bordin P., (2002). *SIG : concepts outils et données*, paris :Hermès-Lavoisier, 260p.
- Caquard S., (2001). *Des cartes multimédias dans le débat public. Pour une nouvelle conception de la cartographie appliquée à la gestion de l'eau*, Thèse de doctorat, Université Jean Monnet de Saint-Étienne, 277 p.
- Chapman A. D., (2005). *Les principes de qualité des données, version 1.0*. Traduit par Chenin, N. Copenhague : Global Biodiversity Information Facility, 76 p.
- Cornuéjols A., (2009). *Bases de données concepts et programmation*, AgroParisTech, 121 p.
- Coronel C., Morris S. et Croquett K., (2020). *Database Principles: Fundamentals of Design, Implementation, and Management*, Cengage, 1 050 p.

Crampton J., (2008). Cartography: Maps 2.0. *Progress in Human Geography*, vol. 33, no 1, pp: 91-100.

Da Sylva, L., (2017). Les données et leurs impacts théoriques et pratiques sur les professionnels de l'information. *Documentation et bibliothèques*, vol. 63, no 4, pp : 5-34.

David B. et Fasquel P., (1997). *Qualité d'une base de données géographique : concepts et terminologie*, Rapport de recherche, Institut géographique national, 53 p.

Devillers R. et Jeansoulin R., (2010). *Fundamentals of spatial data quality*, John Wiley & Sons, 309 p.

Diago B., (2022). *Automatisation du système de restauration de l'Université Assane Seck de Ziguinchor, de la vente des tickets au contrôle des accès aux restaurants*, Mémoire de master, Université Assane Seck de Ziguinchor, 94p.

DRDATRM (Direction Régionale du Développement et de l'Aménagement du Territoire, Région Maritime, (2009). *Monographie de la préfecture du golfe*, bilan global, 42 p.

El Houjja E. F. et Hoebeke M., (2023). *Développement d'outils Web Pour La Valorisation De Données De Biodiversité*. Station Biologique de Roscoff, Université Abdelmalek Essaâdi, 71p.

Elmasri R. et Navathe S., (2016). *Fundamentals of database systems* (7th ed.), Pearson Higher Education, 1273 p.

ELWood S., (2009). Geographic Information Science: New geovisualization technologies-Emerging questions and linkages with GIScience research. *Progress in Human Geography*, vol. 33, no 2, pp: 256-263.

Elwood, S., (2006). Beyond Cooptation or Resistance: Urban Spatial Politics, Community Organizations, and GIS-Based Spatial Narratives, *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 96, no 2 , pp: 323-341.

Enrique M., (2021). *Développement d'une base de données géospatiales pour la gestion et la diffusion des données de mammifères marins de la Patagonie*, Mémoire de master, Université De Sherbrooke, 79 p.

Goodchild M. F., (2009). NeoGeography and the nature of geographic expertise, *Journal of Location Based Service*, vol. 3, no.2, pp :82-96.

Goodchild, M. F., (2007). Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0, *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, vol. 2, pp: 24-32.

Haklay M., Singleton A. et Parker C., (2008). Web Mapping 2.0: The Neogeography of the GeoWeb. *GeographyCompass*, vol.2, pp : 2011–2039.

Holemans A., (2017). *Implémentation d'une base de données NoSQL de données géospatiales de l'AIDE*, Mémoire de master, Université de Liège, 82 p.

IBM. (2021). Cap-theorem. IBM Cloud Learn Hub. <https://www.ibm.com/cloud/learn/cap-theorem>.

Joliveau T., (2011). Le géoweb, un nouveau défi pour les bases de données géographiques, *Espace géographique*, vol.40, no 2, pp :154-163.

Khalfi B., (2017). *Modélisation et construction des bases de données géographiques floues et maintien de la cohérence de modèles pour les SGBD SQL et NoSQL*, Thèse de doctorat, Universite Paris VIII, 211 p.

Lake R. W., (1993). Planning and applied geography: positivism, ethics, and geographic information systems. *Progress in Human Geography* vol.17, no 3, pp : 404-13.

Laurini R., (2004). Systèmes d'information pour la participation des citoyens aux décisions relatives à l'aménagement du territoire. *Techniques, territoires et sociétés*, vol., no 37, pp : 209-219.

Lévy J., Poncet P. et Tricoire E., (2004). *La Carte, enjeu contemporain*, Paris : La Documentation française, 63 p.

Manel A., (2022). *Développement d'une application SIG Web pour la gestion des champs agricoles en Tunisie (Nord de la Tunisie)*, Mémoire de master, Université de Sherbrooke, 100 p.

Mericskay B., (2011). Les Sig et la cartographie à l'ère du géoweb. Vers une nouvelle génération de Sig participatifs. *Espace géographique* vol.40, no 2, pp : 142-153.

Mericskay, B. et Roche S., (2010). *Cartographie et SIG à l'ère du Web 2.0 : Vers une nouvelle*

génération de SIG participatifs. Conférence internationale de Géomatique et Analyse Spatiale (SAGEO 2010), Toulouse, France, pp : 228-242.

Moretti S.D., (2018). *La gestion et le partage des données des sentiers récréatifs Canadiens : une nouvelle norme des données intégrée à un SIG web*, Maître en sciences géographiques, Université de Sherbrooke, 85 p.

Peres C. A. T., (2018). *Choix et analyse d'un système d'information géographique interactif pour l'aide à la gestion urbaine et la participation citoyenne*, Maître en sciences géographiques, Université de Sherbrooke, 45 p.

Peterson M. P., (2005). *Maps and the Internet*, Elsevier, 470 p.

Peterson M. P., (2014), *Mapping in the Cloud*, livre de science, Guilford Publications, 421 p.

Pierre S., (2001). Information géographique et Internet : les sites territoriaux ou l'émergence d'une intelligence collective du territoire, *Réseaux, communication et territoires*, vol.15 no 3-4, pp : 257-288.

Polombo N., (2007). *Information Géographique et SIG dans les Conseils Généraux : outil et méthode pour la prospective territoriale*, 43e colloque de l'Association de Science Régionale de Langue Française (ASRDLF), Chambéry, France 17 p.

Quodverte P., (1994). *La cartographie numérique et l'information géographique*. Thèse de doctorat, Université d'Orléans, 304p.

Steiniger S. et Hunter A. J., (2013). The 2012 free and open source GIS software map—A guide to facilitate research, development, and adoption, *Computers, environment and urban systems*, vol. 39, pp : 136-150.

Teorey T. J., Lightstone S. S., Nadeau T. et Jagadish H. V., (2011). *Database Modeling and Design: Logical Design*, Elsevier, 352 p.

Université de Lomé, (2021). *Plan Stratégique de Développement (2021–2025)*, Université de Lomé, 69 p.

Yalew S. G., Van Griensven A., et Van der Zaag, P., (2016). AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment, *Computers and Electronics in*

Agriculture, vol.128, pp: 1-8.

Youbi O., (2019). *Application mobile pour système d'informations géographiques*, Mémoire de master, Université Mohamed Khider-BISKRA, 98p.

Webographie

<https://sgbd.developpez.com/>: SGBD, 22/01/2025, 20 :25

<https://www.ibm.com/fr-fr/topics/geospatial-data>: *Qu'est-ce que les données géospatiales*, 25/01/2025, 20 :25

<https://www.cnrtl.fr/> : portail lexical/ lexicographie, 25/01/2025, 10 :05

ANNEXES

Annexe 1 : Grille de photos de quelques IES de l'Université de Lomé.



Kiosque



Reposoir fonctionnel



Éclairage



Reposoir avec toit non fonctionnel



Reposoir avec toit fonctionnel



Poubelle



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Rôle des acteurs humains	26
Tableau 2: Scénario de création de comptes utilisateur	27
Tableau 3: Etape d'authentification	27
Tableau 4: Authentification de l'administration du système	28
Tableau 5: Cas d'utilisation de fonctionnalité « Collecte de données »	29
Tableau 6: Scénario à suivre pour signaler un dysfonctionnement d'un IES	29
Tableau 7: Cas d'utilisation « Mobilité et recherche des IES à proximité »	30
Tableau 8: Cas d'utilisation « Visualisation des cartes »	31
Tableau 9: Liste des IES diagnostiqués	38
Tableau 10: Dictionnaire de données pour IES « Reposoir »	39
Tableau 11: Extrait du modèle logique de donnée (cas de l'entité « Reposoir »)	43
Tableau 12: Exemple de clé étrangère pointant vers « zone_UL » de « Reposoir »	43
Tableau 13: Extrait du modèle physique de donnée pour l'entité « Zone_UL »	44
Tableau 14: Tableau récapitulatif des données collectées	57
Tableau 15: Grandes lignes du budget	84

LISTE DE FIGURES

Figure 1: Situation géographique de l'Université de Lomé	15
Figure 2: Illustration de la méthodologie de création de la base de données	21
Figure 3: Illustration de la méthodologie d'acquisition de données	22
Figure 4: Illustration de la méthodologie de développement de l'application web	23
Figure 5: Illustration de la méthodologie de développement du système d'alerte	24
Figure 6: Diagramme de cas d'utilisation de l'administration du système	32
Figure 7: Diagramme de cas d'utilisation du grand public	32
Figure 8: Diagramme de cas d'utilisation des agents de collecte de données	33
Figure 9: Architecture de donnée modélisée (MCD) reflétant les IES à l'Université de Lomé	41
Figure 10: Exemple de script SQL généré par le MPD avec le logiciel Vertabelo	45
Figure 11: Lecture du fichier avec Geopandas dans Jupyter Notebook	48
Figure 12: Identification des valeurs nulles	49
Figure 13: Connexion entre la BD et le serveur de Django	50
Figure 14: Export des tables de la BD : exemple da table « Zonne_UL »	50
Figure 15: Configuration du tableau de bord administrateur	51
Figure 16: Création des différents formulaires	52
Figure 17: Configuration des chemins	53
Figure 18: Code de la page d'accueil	54
Figure 19: Code écrit en langage html	54
Figure 20: Code écrit en langage javascript	55
Figure 21: Code écrit en langage css	55
Figure 22: Illustration des noms des tables dans le SGBD PostgreSQL	58
Figure 23: Illustration des colonnes de la table « UL_eclairage » dans le SGBD PostgreSQL	58
Figure 24: Illustration des données de la table « UL_eclairage » dans le SGBD PostgreSQL	59
Figure 25: Pages de création de comptes	61
Figure 26: Page de connexion	62
Figure 27: Interface administrateur	63
Figure 28: Interface d'accès aux différentes cartes thématiques	65

Figure 29: Cas de buffer autour des points wifi UL.....	66
Figure 30: Cas de densité et distribution des points d'eau.....	66
Figure 31: Capture de la carte de base.	67
Figure 32: Exemple de rechercher du lieu ‘LTAG’	69
Figure 33: Exemple d’alerte bâtiment.....	70
Figure 34: Interface administrateur dans la section de gestion des alertes.	71

LISTE DE PLANCHES DE FIGURES

Planche de figure 1 : Quelques figures d’illustration du manuel de formation.....	46
Planche de figure 2: Les versions supportées par l’application	60
Planche de figure 3: Interface de téléchargement de donnée	64
Planche de figure 4: Géopositionnement d’une nouvelle poubelle.....	68

LISTE DE PHOTOS

Photo 1: Formation des agents de collecte de données.	47
---	----

LISTE DE PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

Planche photographique 1: Photos de quelques agents sur le terrain en pleine collecte.....	47
Planche photographique 2: Matériel utilisé pour la collecte de données.....	48

TABLE DE MATIERE

DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
SIGLES ET ACRONYMES	iv
RESUME	v
ABSTRACT	v
SOMMAIRE	vi
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : CADRE CONCEPTUEL	4
1.1 Problématique	4
1.2 Hypothèses.....	10
1.3 Objectifs.....	10
1.4 Clarification et définition des concepts	10
CHAPITRE II : CADRE GÉOGRAPHIQUE	14
2.1 Situation géographique	14
2.2 Caractéristiques physiques et relation géographique.....	15
2.3 Contexte historique et évolution géographique	16
2.4 Population estudiantine et enseignante.....	17
2.5 Contraintes géographiques	17
Conclusion	18

CHAPITRE III : APPROCHE METHODOLOGIQUE	19
3.1 Acquisition de données Outils : utilitaire de collecte et de manipulation de données	19
3.1.1 Création de la base de données géospatiale et collecte de données sur les IES de l'Université de Lomé.	19
3.1.2 Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale.	19
3.1.3 Intégration d'un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures sur le campus de l'Université de Lomé	20
3.2 Méthode de traitement et de transformation des données	20
3.2.1 Création de la base de données géospatiales et collecte de données sur les IES de l'Université de Lomé	20
3.2.2 Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale	22
3.2.3 Système d'alerte pour la maintenance des infrastructures de l'Université de Lomé	24
3.3 Analyse des besoins fonctionnels de l'application	25
3.3.1 Cahier des charges.....	25
3.3.1.1 Création d'une base de données géospatiales et collecte de données sur les IES	25
3.3.1.2 Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale	25
3.3.1.3 Intégration d'un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures .	26
3.3.2 Les acteurs et leurs rôles	26
3.3.3 Description des cas d'utilisation	26
3.3.3.1 Fonctionnalité « Crédit de comptes ».....	27
3.3.3.2 Fonctionnalité « Authentification ».....	27
3.3.3.3 Fonctionnalité « Administration du système ».....	28
3.3.3.4 Fonctionnalité « Collecte de données ».....	28
3.3.3.5 Fonctionnalité « Effectuer une alerte »	29
3.3.3.6 Fonctionnalité « Mobilité et recherche des IES à proximité »	30
3.3.3.7 Fonctionnalité « Visualisation des cartes »	31
3.3.4 Diagramme de cas d'utilisation.....	31
3.3.4.1 Diagramme de cas d'utilisation de l'Administrateur du système	32
3.3.4.2 Diagramme de cas d'utilisation du grand public.....	32
3.3.4.3 Diagramme de cas d'utilisation des agents de collecte de données	33
3.4 Technologies utilisées.....	33
3.4.1 Présentation des outils de développement.....	33
3.5 Conception et implémentation de l'application	37
3.5.1 Diagnostique des IES	37
3.5.2 Conception de la base de données	38
3.5.2.1 Dictionnaire de données	38

3.5.2.2	Modélisation des données	39
3.5.2.2.1	Élaboration du modèle conceptuel de donnée	39
3.5.2.2.2	Élaboration du modèle logique de données	42
3.5.2.2.3	Élaboration du modèle physique de donnée	44
3.5.3	Collecte de données.....	45
3.5.3.1	Formation des agents de terrain et collecte de données	46
3.5.3.2	Epuration des données.....	48
3.5.4	Développement web.....	49
3.5.4.1	Backend	49
3.5.4.2	Frontend	53
CHAPITRE IV : RESULTATS	56
4.1	Création de la base de données géospatiales et collecte de données	56
4.2	Conception et développement d'une plateforme Web géospatiale	59
4.3	Intégration d'un système d'alerte pour la maintenance des infrastructures	70
CHAPITRE V : DISCUSSION	72
5.1	Acquisition de données et bases de données géospatiales.....	72
5.2	Plateforme web géospatiale interactive.	74
5.3	Alerte et maintenance des infrastructures à l'Université de Lomé.....	76
CONCLUSION GENERALE	78
PRESENTATION DU PROJET PROFESSIONNEL	80
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	85
Webographie	89
ANNEXES	90
LISTE DES TABLEAUX	92
LISTE DE FIGURES	92
LISTE DE PLANCHES DE FIGURES	93
LISTE DE PHOTOS	93
LISTE DE PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	93
TABLE DE MATIERE	93