

UNIVERSITÉ IBA DER THIAM DE THIES



UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHES
SCIENCES DE L'INGENIEUR
UFR SI

Département de Génie Civil

Année académique : 2023-2024

PROJET DE FIN DE CYCLE

Spécialité : Géomatique
(Licence)

Présenté par :

Meissa Lo et Abdoul Amadou Diack

**Mise en place d'un géoportail web SIG pour
la gestion et l'accessibilité aux infrastructures
éducatives dans la ville de Thiès**

Encadreur	Dr. Alphousseyni NDONKY	Université Iba Der THIAM de Thiès, UFR SI
-----------	-------------------------	---

REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah pour la santé et la force qu'Il nous a accordées, nous permettant ainsi de mener à bien ce projet de fin de cycle.

Nos sincères remerciements vont à notre directeur de filière, Dr. Mouhamadou Moustapha MBACKE NDOUR, ainsi qu'à Dr. Alphousseyni NDONKY, pour leur soutien constant. Travailler à leurs côtés a été une expérience enrichissante et valorisante. Nous sommes fiers du travail accompli ensemble et profondément reconnaissants de l'impact positif qu'ils ont eu sur notre parcours académique et professionnel.

Nous exprimons également notre gratitude envers notre encadreur, Dr. Alphousseyni NDONKY pour son soutien inébranlable tout au long de la réalisation de ce projet. Sa patience, sa disponibilité et surtout ses précieux conseils ont été essentiels pour la réflexion et la rédaction de ce mémoire.

Nos remerciements vont également à M. LOUM et M. THIAM, qui nous ont accueillis dès notre première année de licence au sein de cette UFR. Nous vous adressons nos plus sincères remerciements pour avoir été nos guides et mentors tout au long de notre parcours universitaire, de la licence 1 à la licence 3. Votre expertise et votre soutien ont joué un rôle clé dans notre réussite académique.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à M. THIOUB (Webmapping), pour avoir partagé son expérience en webmapping. Votre influence positive continuera à nous inspirer dans notre carrière et dans nos futurs projets.

Un grand merci à notre professeur, M. TINE, pour son dévouement à notre formation et sa passion pour la topographie, qui ont été une source d'inspiration constante. Nous vous sommes reconnaissants pour votre disponibilité, vos réponses à nos questions et vos orientations à chaque étape de ce projet.

Nous remercions également chaleureusement les membres du bureau des planificateurs de l'Inspection Académique (IA) de Thiès pour leur précieuse collaboration et leur soutien. Leur disponibilité, leurs conseils avisés et leurs précieuses informations ont grandement contribué à l'avancement et à l'enrichissement de notre travail. Leur expertise en planification éducative a été un atout majeur dans la réalisation de ce projet.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail et pour leurs suggestions constructives.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à nos camarades de promotion et à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

Nous n'oublions pas nos parents, à qui nous devons une éducation de qualité et de solides valeurs. Vous avez été et serez toujours pour nous un modèle de dignité, d'honnêteté et de courage. Que Dieu vous accorde une longue vie et une santé parfaite.

<u>Remerciements</u>	2
<u>Table des matières</u>	3
<u>Résumé</u>	6
<u>Liste des abréviations et des sigles</u>	7
<u>Liste des tableaux et figures</u>	8
<u>Introduction Générale</u>	9
1. <u>Contexte</u>	10
2. <u>Problématique</u>	11
3. <u>Objectifs de recherche</u>	12
3.1. <u>Objectif général</u>	12
3.2. <u>Objectifs spécifiques</u>	12
4. <u>Hypothèses</u>	12
<u>CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET HISTORIQUE</u>	13
1.1 <u>Situation géographique de la ville Thiès</u>	14
1.2 <u>Données démographiques et socio-économiques</u>	15
1.2.1 <u>Données démographiques</u>	15
1.2.2 <u>Données socio-économiques</u>	17
1.3 <u>Contexte historique et évolution des infrastructures éducatives</u>	17
1.4 <u>Analyse des besoins en infrastructures éducatives</u>	19
<u>CHAPITRE 2 : CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE</u>	22
2.1 <u>Revue de littérature</u>	23
2.2 <u>Concepts fondamentaux</u>	23
2.3 <u>Méthodes de collecte et de traitement des données</u>	24
2.3.1. <u>Collecte des données</u>	24
2.3.2. <u>Traitement des données</u>	24
2.4 <u>Choix des technologies et langages de programmation utilisés</u>	25
2.4.1 Technologies SIG.....	25
2.4.2 Collecte de données.....	26
2.4.3 Langages de programmation.....	26
2.4.4 Bases de données.....	27
2.4.5 Frameworks et outils complémentaires.....	28
2.4.6 Environnement de développement.....	29

CHAPITRE 3 : CONCEPTION ET CREATION DE LA BASE DE DONNEES.....	31
3.1 <u>Collecte et préparation des données géospatiales.....</u>	32
3.2 <u>Les bases de données</u>	32
3.2.1 <u>Conception d'un modèle de données géospatiales</u>	33
3.2.1.1 <u>La modélisation de la base de données.....</u>	33
3.2.1.2 <u>Résultat de la modélisation.....</u>	34
3.2.1.2.1 <u>Elaboration du Modèle Conceptuel de Données (MCD) :</u>	34
3.2.1.2.2 <u>Elaboration du Modèle Logique de Données (MLD) :</u>	35
3.3.1.2.3 <u>Elaboration du Modèle Physique de Données(MPD)</u>	36
3.3 <u>Création et gestion de la base de données.....</u>	37
3.3.1 <u>Mise en place d'une base de données dans un SGBD.....</u>	38
3.3.2 <u>Gestion des mises à jour et de l'intégrité des données.....</u>	41
CHAPITRE 4 : ANALYSE DES DONNEES.....	43
4.1 <u>Présentation des données.....</u>	44
4.2 <u>Prétraitement des données.....</u>	45
4.3 <u>Analyse spatiale des infrastructures éducatives.....</u>	46
4.3.1 <u>Accessibilité aux infrastructures éducatives.....</u>	46
4.3.1.1 <u>Accessibilité aux écoles primaires.....</u>	47
4.3.1.2 <u>Accessibilité à l'école moyenne.....</u>	48
4.3.1.3 <u>Accessibilité aux écoles secondaires.....</u>	49
4.3.1.4 <u>Accessibilité globale aux infrastructures éducatives.....</u>	50
4.3.2 <u>Analyse de la couverture spatiale.....</u>	51
4.3.2.1 <u>Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles primaires.....</u>	52
4.3.2.2 <u>Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles moyennes.....</u>	53
4.3.2.3 <u>Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles secondaires.....</u>	54
4.3.2.4 <u>Analyse et interprétation des ratios élèves/enseignant.....</u>	55
CHAPITRE 5 : CREATION DU SITE WEB (GEOPORTAIL).....	61
5.1 <u>Introduction à la création du géoportail.....</u>	62
5.2 <u>Choix des technologies utilisées.....</u>	62
5.3 <u>Architecture du système.....</u>	62
5.4 <u>Développement de la partie cartographique.....</u>	63
5.4.1 <u>Rubriques cartographiques.....</u>	64

5.4.2 Cas de la localisation des infrastructures les plus proches de la position d'un utilisateur donné.....	64
Conclusion générale et recommandations	67
Références bibliographiques.....	68
Annexe.....	69
1.1 Annexe ratio élèves/enseignant	69
1.2 annexe : code html.....	69

Résumé

Ce projet vise à développer un géoportail WebSIG pour améliorer la gestion et l'accessibilité aux infrastructures éducatives dans la ville de Thiès. Après une analyse du contexte et des besoins en infrastructures, une base de données géospatiale a été conçue pour centraliser les informations sur les établissements scolaires. L'analyse spatiale a permis d'évaluer la répartition des infrastructures, leur accessibilité ainsi que les ratios élèves/enseignants et élèves/salle de classe. Le développement du géoportail repose sur des technologies SIG, notamment Leaflet, PostgreSQL/PostGIS et JavaScript, afin d'offrir une interface interactive permettant la visualisation des établissements scolaires et leurs caractéristiques, l'identification des infrastructures les plus proches en fonction de la position de l'utilisateur et l'analyse des ratios pour une meilleure planification. Ce travail met en évidence l'importance des outils SIG dans la gestion des infrastructures éducatives et propose des recommandations pour optimiser l'accès à l'éducation à Thiès.

Abstract

This project aims to develop a WebGIS geoportal to enhance the management and accessibility of educational infrastructures in the city of Thiès. After analyzing the context and infrastructure needs, a geospatial database was designed to centralize information about schools. Spatial analysis was conducted to assess the distribution of educational facilities, their accessibility, and the student-to-teacher and student-to-classroom ratios. The development of the geoportal is based on GIS technologies, including Leaflet, PostgreSQL/PostGIS, and JavaScript, to provide an interactive interface enabling the visualization of schools and their characteristics, the identification of the nearest infrastructures based on user location, and ratio analysis for better educational planning. This study highlights the importance of GIS tools in managing educational infrastructures and provides recommendations to optimize access to education in Thiès.

LISTE DES ABREVIATIONS

SIG (Système d'Information Géographique)

WebSIG (Système d'Information Géographique sur le Web)

UNESCO (Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture)

GPS (Global Positioning System)

HTML (HyperText Markup Language)

CSS (Cascading Style Sheets)

PHP (Hypertext Preprocessor)

JSON (JavaScript Object Notation)

AJAX (Asynchronous JavaScript and XML)

API (Application Programming Interface)

VSCode (Visual Studio Code)

SGBD (Système de Gestion de Base de Données)

BD (Base de Données)

MCD (Modèle Conceptuel de Données)

MLD (Modèle Logique de Données)

MPD (Modèle Physique de Données)

TIC (Technologies de l'Information et de la Communication)

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : zone d'étude.....	15
Figure 2 : répartition de la population des trois communes selon le sexe en 2013.....	16
Figure 3 : Répartition de la population des trois communes en 2024 selon le sexe.....	16
Figure 4 : répartition spatiale des infrastructures scolaires.....	19
Figure 5 : Modèle Conceptuel de Données.....	35
Figure 6 : Modèle Logique de données.....	36
Figure 7 : Modèle Physique de données.....	37
Figure 8 : création de l'extension postgis.....	38
Figure 9 : création de la base de données.....	39
Figure 10 : environnement de postgis bundle.....	40
Figure 11 : connexion à la base de données via postgis.....	41
Figure 12 : importation des shapefiles.....	41
Figure 13 : carte d'accessibilité aux écoles primaires.....	47
Figure 14 : carte d'accessibilité aux écoles moyennes.....	48
Figure 15 : carte d'accessibilité aux écoles secondaires.....	49
Figure 16 : carte d'accessibilité globale aux infrastructures éducatives.....	50
Figure 17 : proportion de la population accessible aux écoles primaires.....	52
Figure 18 : proportion de la population accessible aux écoles moyennes.....	53
Figure 19 : proportion de la population accessible aux écoles secondaires.....	54
Figure 20: rapport élèves/enseignant au niveau des écoles primaires.....	55
Figure 21 : rapport élèves/enseignant au niveau des écoles moyennes.....	56
Figure 22 : rapport élèves/enseignant au niveau des écoles secondaires.....	57
Figure 23 : box plot des rapports élèves/salle de classe pour chaque niveau.....	58
Figure 24 : page d'accueil.....	63
Figure 25 : interface cartographique.....	64
Figure 26 : localisation des infrastructures les plus proches.....	65
Figure 27 : itinéraire pour accéder à une infrastructure selon la position de l'utilisateur....	65
Tableau 1 : présentation des données.....	44

INTRODUCTION GENERALE

L'accès équitable aux infrastructures éducatives représente un défi majeur pour les sociétés contemporaines. L'éducation, pilier essentiel du développement humain, économique et social, repose sur une offre suffisante et une répartition harmonieuse des établissements scolaires. Cependant, de nombreuses régions, y compris au Sénégal, connaissent encore des disparités importantes en matière d'accès à ces infrastructures, compromettant ainsi les objectifs d'universalisation de l'éducation et de réduction des inégalités.

La ville de Thiès, deuxième pôle urbain du Sénégal après Dakar, illustre parfaitement ces enjeux. Composée des communes de Thiès Est, Thiès Nord et Thiès Ouest, elle est marquée par une croissance démographique rapide et une urbanisation soutenue. Cette dynamique exerce une pression considérable sur les infrastructures éducatives existantes et met en évidence la nécessité d'une meilleure gestion et d'une planification optimisée pour assurer un accès équitable à l'éducation.

Dans ce contexte, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et les géoportails web offrent des outils innovants pour analyser, visualiser et gérer ces infrastructures. Un géoportail WebSIG permet non seulement de cartographier les établissements scolaires et d'évaluer leur accessibilité, mais aussi d'orienter les décisions stratégiques en matière d'éducation.

Ce travail repose sur une méthodologie rigoureuse combinant la collecte et l'analyse de données spatiales, ainsi que le développement d'un système interactif accessible via une plateforme web. Il ambitionne de fournir un outil opérationnel qui facilitera la prise de décision des autorités locales tout en favorisant une meilleure implication des citoyens dans la gestion des infrastructures éducatives.

Ce document est structuré en plusieurs chapitres :

- Le premier chapitre présente la zone d'étude et le contexte historique des infrastructures éducatives de Thiès.
- Le deuxième chapitre définit le cadre théorique et méthodologique en expliquant les concepts clés, les outils technologiques et les approches adoptées.
- Le troisième chapitre est consacré à la conception et à la mise en place de la base de données géospatiale.
- Le quatrième chapitre propose une analyse spatiale des infrastructures éducatives, en évaluant leur accessibilité et leur couverture territoriale.
- Enfin, le cinquième chapitre décrit le développement du géoportail, depuis l'architecture du système jusqu'à l'implémentation de la partie cartographique et des fonctionnalités interactives.

En répondant aux problématiques d'accessibilité et de gestion des infrastructures éducatives, ce projet ambitionne de contribuer significativement à l'amélioration du système éducatif de la ville de Thiès et d'inspirer des initiatives similaires à l'échelle nationale.

Contexte

L'accès à l'éducation couvre la scolarisation en temps voulu et la progression à l'âge requis, l'assiduité à l'école, un apprentissage conforme aux normes nationales de performances scolaires, un environnement d'apprentissage suffisamment sûr pour permettre l'apprentissage et une offre scolaire équitablement répartie (Lewin, 2015: 32).

La ville de Thiès, deuxième pôle urbain du Sénégal après Dakar, est au cœur d'une dynamique d'urbanisation rapide qui s'accompagne de défis majeurs en termes de planification territoriale et de gestion des infrastructures. Les communes de Thiès Est, Thiès Nord et Thiès Ouest concentrent une population diversifiée et en forte croissance, nécessitant des services publics adaptés, en particulier dans le domaine de l'éducation. Cependant, les infrastructures éducatives, bien qu'en expansion, souffrent d'une répartition inégale et d'un manque d'accès pour certaines zones et populations vulnérables.

Ces défis sont exacerbés par l'absence d'outils performants permettant une gestion et une planification efficaces. Les données relatives aux infrastructures éducatives sont souvent disséminées, difficiles à exploiter et peu accessibles, ce qui limite la capacité des acteurs locaux à répondre de manière proactive aux besoins des populations. Dans ce contexte, l'utilisation des technologies SIG et des géoportails s'impose comme une solution stratégique.

Selon Longley et al. (2005) dans *Geographic Information Systems and Science*, un géoportail est défini comme « une interface en ligne qui offre un accès centralisé à des données géospatiales et à des services SIG, permettant aux utilisateurs de visualiser et d'exploiter ces données en fonction de leurs besoins spécifiques ». En tant qu'outil collaboratif, il permet aux acteurs locaux de mieux comprendre les dynamiques territoriales et de prendre des décisions éclairées. À travers ce projet, l'objectif est de doter la ville de Thiès d'un outil moderne permettant de :

- Visualiser de manière dynamique les infrastructures éducatives ;
- Identifier les zones sous-dotées et proposer des pistes pour équilibrer l'offre éducative ;
- Faciliter l'accès aux établissements par le biais d'itinéraires interactifs en tenant compte de la position géographique des utilisateurs.

Dans un contexte marqué par des disparités territoriales et des contraintes de gestion, ce géoportail WebSIG s'inscrit comme une réponse adaptée et innovante. Il constitue également une opportunité pour intégrer les citoyens dans les processus décisionnels en rendant les informations géospatiales accessibles et compréhensibles. À travers cette démarche, la ville de Thiès peut poser les bases d'une gestion plus équitable et durable de ses infrastructures éducatives, tout en renforçant son rôle de modèle pour d'autres collectivités territoriales au Sénégal.

1. Problématique

L'accès équitable et efficace aux infrastructures éducatives constitue un enjeu majeur pour le développement durable et inclusif, notamment dans les pays en développement. Au Sénégal, bien que des progrès significatifs aient été réalisés dans la construction et l'aménagement d'établissements scolaires, les défis liés à leur gestion et leur accessibilité demeurent importants. Ces problématiques sont particulièrement visibles dans les zones urbaines à forte densité comme la ville de Thiès, où la croissance démographique rapide et l'urbanisation non maîtrisée exacerberont les inégalités dans la répartition et l'utilisation des infrastructures éducatives.

La ville de Thiès, composée des communes de Thiès Est, Thiès Nord et Thiès Ouest, fait face à des défis multiples en matière de gestion des infrastructures éducatives. Ces défis incluent :

- Une répartition inégale des infrastructures éducatives : certaines zones restent sous-équipées, tandis que d'autres disposent de plusieurs établissements, créant un déséquilibre dans l'accès à l'éducation.
- Un manque de données centralisées et accessibles : l'absence d'un système unique de gestion des informations sur les infrastructures rend difficile la prise de décisions éclairées.
- Une accessibilité limitée aux infrastructures existantes : en raison de l'absence d'outils permettant de localiser facilement les établissements et de planifier des itinéraires d'accès, les citoyens rencontrent des difficultés pour trouver les établissements les plus proches.
- Une faible exploitation des outils modernes pour la planification : les technologies géospatiales, bien qu'efficaces pour analyser et gérer les données spatiales, ne sont pas encore suffisamment utilisées à l'échelle locale.

Ces défis entravent la capacité des collectivités locales à répondre efficacement aux besoins des populations, tout en limitant la planification à long terme pour une répartition équitable des infrastructures éducatives.

Face à cette situation, la mise en place d'un géoportail WebSIG se présente comme une solution innovante et adaptée. Cet outil permettrait de centraliser et de visualiser les données des infrastructures éducatives, d'améliorer leur accessibilité grâce à des fonctionnalités interactives et de fournir une aide précieuse à la prise de décision pour les autorités locales. Cependant, plusieurs questions se posent :

- Comment structurer les données géospatiales et attributaires des infrastructures éducatives afin qu'elles soient exploitables dans un géoportail ?
- Quels outils technologiques et méthodologies utiliser pour garantir une interface intuitive et accessible à différents types d'utilisateurs ?
- Dans quelle mesure un géoportail peut-il contribuer à améliorer la répartition et l'accessibilité des infrastructures éducatives ?

La réponse à ces interrogations permettra de jeter les bases d'une gestion plus équitable et durable des infrastructures éducatives dans la ville de Thiès. À travers l'intégration des technologies géospatiales et web, ce projet vise à réduire les disparités existantes et à renforcer les capacités des acteurs locaux pour un développement éducatif inclusif.

2. Objectif de recherche

2.1 Objectif général

Le projet vise à concevoir et mettre en place un géoportail WebSIG interactif pour la gestion et l'accessibilité des infrastructures éducatives dans les trois communes de la ville de Thiès (Thiès Est, Thiès Nord et Thiès Ouest), afin d'améliorer l'accès à l'information, l'équité dans la répartition des ressources éducatives et la prise de décision des acteurs locaux.

2.2 Objectifs spécifiques

- Centraliser les données des infrastructures éducatives pour permettre une gestion efficace et une consultation facile des informations telles que les noms des établissements, les quartiers d'implantation, les statuts, les sous-statuts, les localisations, les dates de création, ainsi que les données liées aux élèves, enseignants, tables-bancs et surveillants.
- Intégrer des fonctionnalités avancées de localisation et de navigation permettant aux utilisateurs d'identifier les infrastructures éducatives les plus proches en fonction de leur position et de planifier des itinéraires pour y accéder.
- Analyser la répartition spatiale des infrastructures éducatives et leur accessibilité afin d'identifier les zones sous-équipées ou mal desservies.
- Créer une interface web intuitive et interactive pour visualiser les données géospatiales des infrastructures éducatives et faciliter leur utilisation par les décideurs, les techniciens et les citoyens.
- Promouvoir une utilisation optimale des outils SIG et des technologies web pour améliorer la gestion des infrastructures éducatives.

3. Hypothèses

Nos hypothèses de recherche sont les suivantes :

- La mise en place d'un géoportail WebSIG permettra une meilleure centralisation et accessibilité des données relatives aux infrastructures éducatives, facilitant ainsi la prise de décision et la gestion des ressources.
- Les fonctionnalités de localisation et de navigation intégrées au géoportail contribueront à réduire les obstacles à l'accès aux infrastructures éducatives, notamment dans les zones urbaines denses comme Thiès.
- L'utilisation des outils SIG pour analyser la répartition des infrastructures éducatives mettra en évidence les disparités existantes, offrant ainsi des pistes pour une planification plus équitable et durable.
- Une interface web intuitive, conçue avec des technologies modernes, favorisera l'appropriation du géoportail par un large éventail d'utilisateurs, améliorant ainsi l'impact de cet outil dans la gestion éducative.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET HISTORIQUE

- 1.1 Situation géographique de la ville Thiès.....
- 1.2 Données démographiques et socio-économiques.....
 - 1.2.1 Données démographiques.....
 - 1.2.2 Données socio-économiques.....
- 1.3 Contexte historique et évolution des infrastructures éducatives...
- 1.4 Analyse des besoins en infrastructures éducatives.....

Introduction

Ce chapitre propose une exploration détaillée de la zone d'étude, afin de mieux comprendre les enjeux spécifiques liés à l'éducation dans cette ville. Il commence par une localisation géographique de la ville, suivie d'une présentation des données démographiques et socio-économiques essentielles pour saisir les défis liés à la répartition et à l'accessibilité des infrastructures éducatives. Par ailleurs, une analyse historique mettra en lumière l'évolution des établissements éducatifs à Thiès, de l'époque coloniale à aujourd'hui. Enfin, une évaluation des besoins en infrastructures éducatives permettra de poser les bases d'une planification adaptée, en tenant compte des inégalités géographiques et sociales.

Cette introduction au contexte de Thiès vise ainsi à mieux situer les problématiques et les opportunités que représente la mise en place d'un géoportail WebSIG, un outil stratégique pour la gestion et l'optimisation des infrastructures éducatives dans la ville.

1.1 Situation géographique de la ville de Thiès

La ville de Thiès, située à l'ouest du Sénégal, est un carrefour stratégique sur les plans économique, social et culturel. Elle se trouve à environ 70 km de Dakar, la capitale, et constitue une plaque tournante reliant les différentes régions du pays.

Thiès est divisée en trois communes :

- **Thiès Nord** : La commune la plus vaste, composée de **21 quartiers**. Elle est dominée par des zones résidentielles et des infrastructures éducatives stratégiquement réparties.
- **Thiès Est** : La deuxième commune en termes de superficie, comprenant **26 quartiers**, marquée par une forte densité de population et des équipements publics, notamment des établissements éducatifs.
- **Thiès Ouest** : La commune la moins vaste, composée de **21 quartiers**, marquée par une forte densité des équipements publics, notamment des établissements éducatifs.

Ces trois communes présentent une forte dynamique urbaine, reflétant les enjeux d'une croissance démographique rapide. Les quartiers, en tant qu'unités administratives de base, jouent un rôle clé dans l'organisation et la gestion des infrastructures, en particulier dans le domaine de l'éducation.

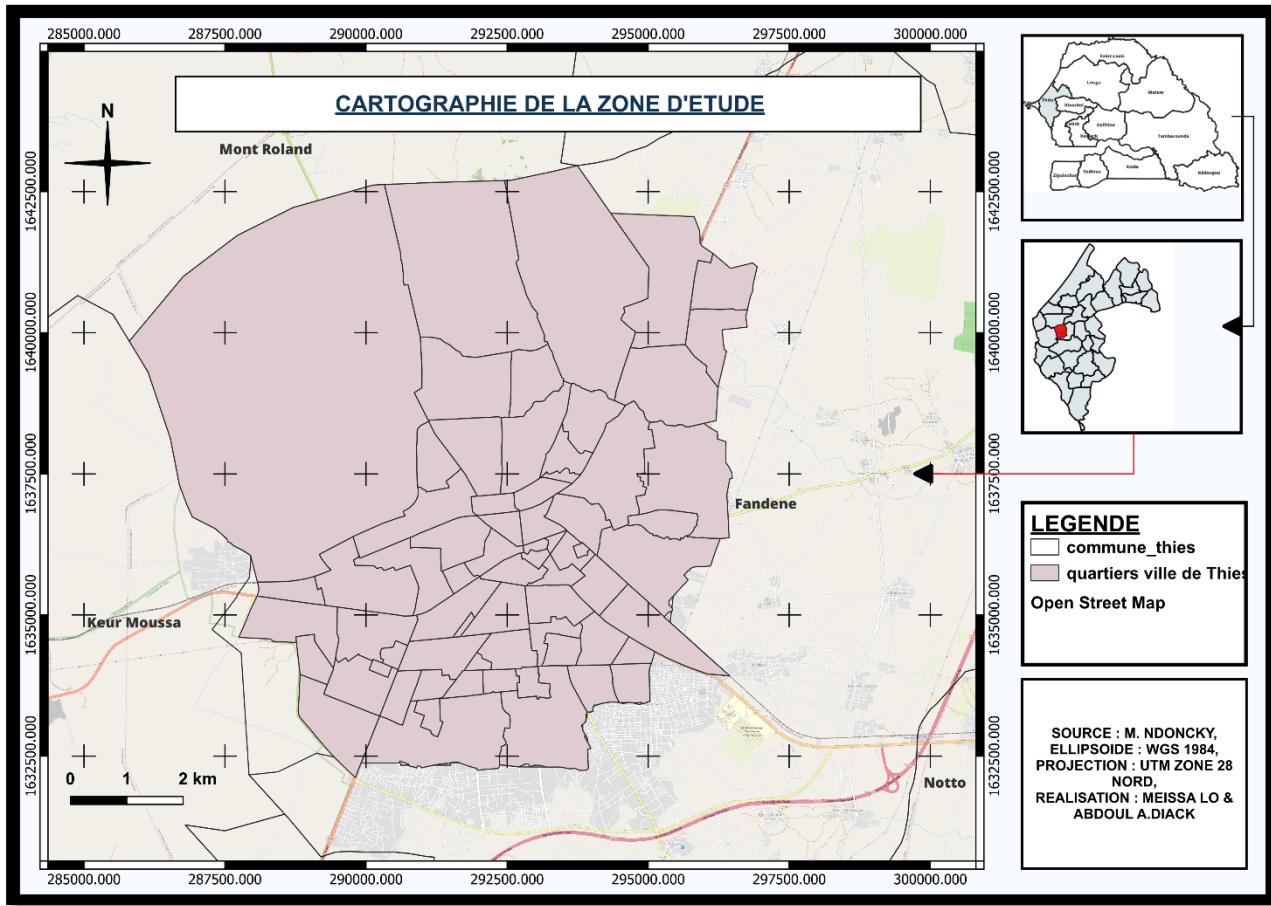


Figure 1 : zone d'étude

1.2 Données démographiques et socio-économiques

1.2.1 Données démographiques

La population de la ville de Thiès, en constante croissance, est estimée à environ 317 763 habitants en 2023 et environ 352 873 habitants en 2024. Cela varie en fonction des recensements et des estimations officielles. La ville est caractérisée par une forte densité de population, avec une majorité de jeunes, notamment des enfants et des adolescents en âge scolaire.

- **Croissance démographique** : Avec un taux de croissance annuel moyen de 3-4 %, la ville de Thiès fait face à une pression démographique croissante, entraînant une demande accrue en matière d'infrastructures éducatives.
- **Structure de la population** : Environ 50 % de la population est âgée de moins de 20 ans, ce qui indique une forte demande pour des établissements scolaires, tant dans l'enseignement primaire que secondaire.

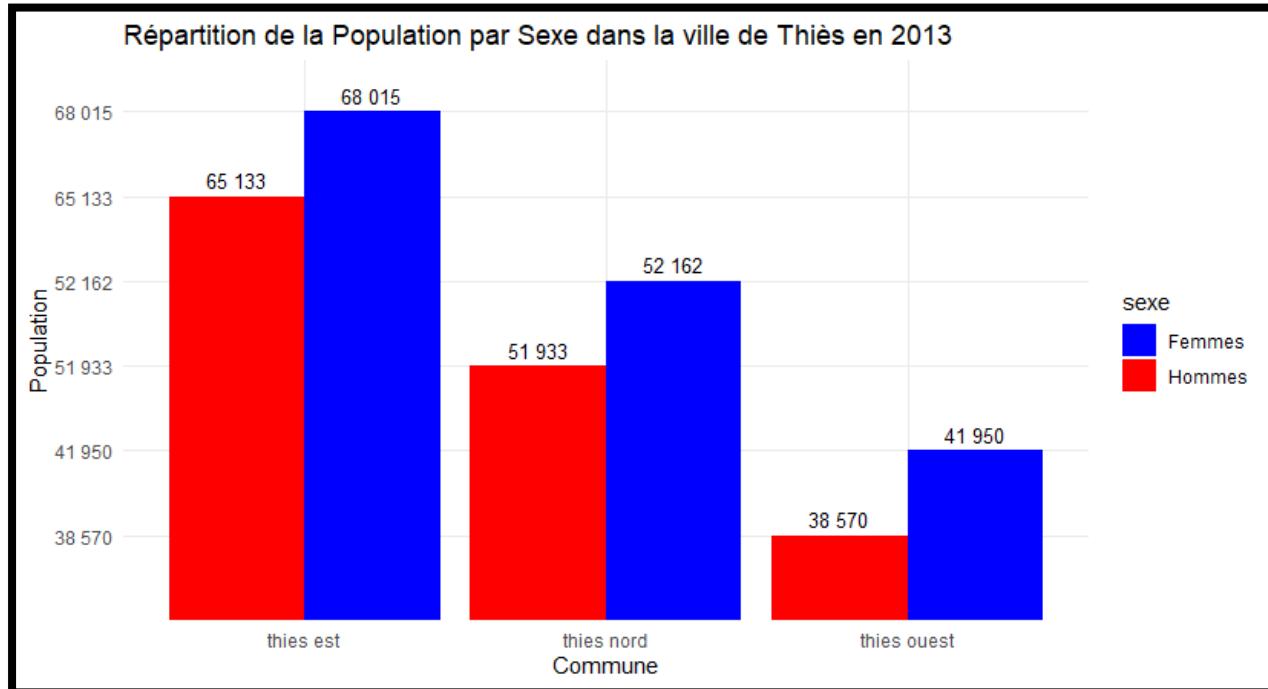


Figure 2 : répartition de la population des trois communes selon le sexe en 2013

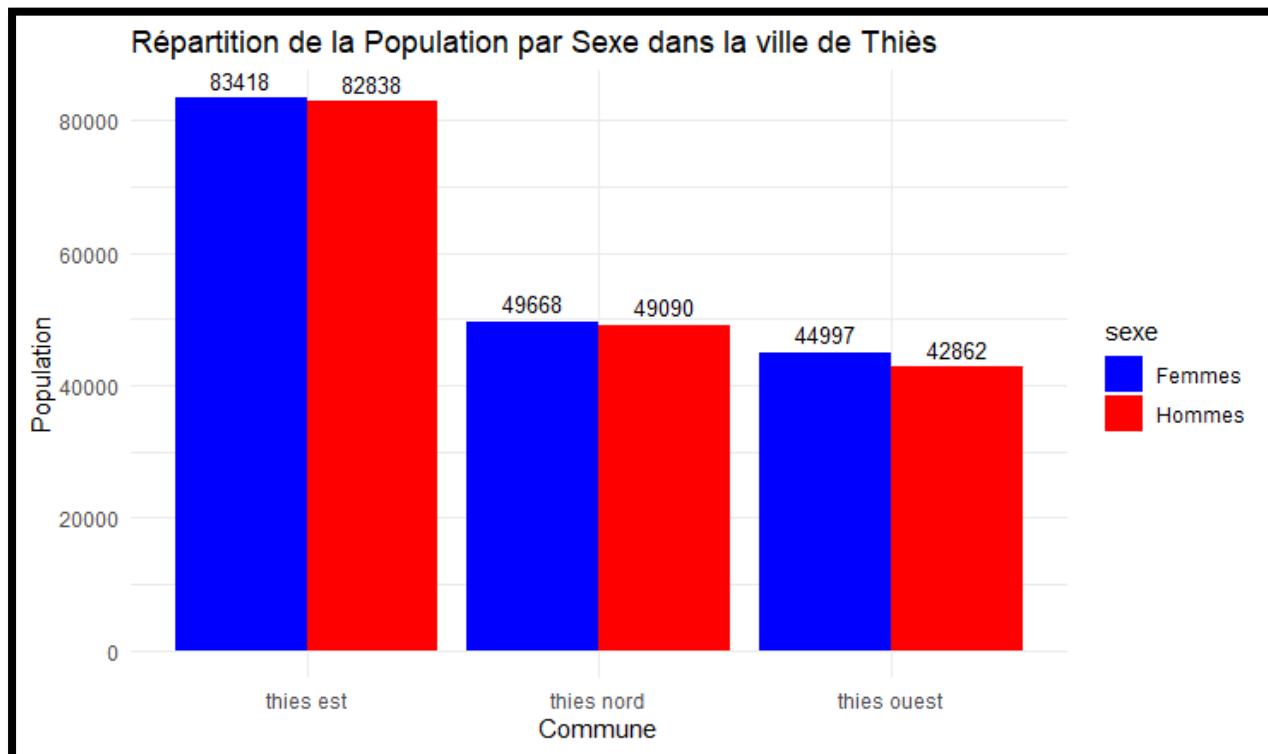


Figure 3 : Répartition de la population des trois communes en 2024 selon le sexe

1.2.2 Données socio-économiques

- **Économie** : L'économie de Thiès est principalement axée sur l'agriculture, l'élevage et le commerce. Cependant, ces dernières années, l'industrie, en particulier les activités liées à l'extraction de minéraux et la transformation de produits locaux, prend de plus en plus d'ampleur. L'agriculture reste cependant un secteur clé de l'économie locale, avec des cultures comme l'arachide, le coton et les céréales.
- **Emploi et niveaux de vie** : La ville de Thiès fait face à un taux de chômage relativement élevé, en particulier chez les jeunes diplômés. De nombreux jeunes se dirigent vers l'agriculture ou trouvent un emploi informel dans le secteur des services ou du commerce.
- **Infrastructures sociales** : Le secteur de la santé, de l'éducation et des transports est en développement, bien que des défis subsistent, notamment en ce qui concerne l'accès aux services de base dans les zones périurbaines.

En matière d'éducation, Thiès fait face à des défis importants :

- **Accès à l'éducation** : Bien que l'inscription scolaire soit obligatoire et gratuite jusqu'au niveau secondaire, de nombreux enfants, notamment dans les quartiers périphériques, n'ont pas un accès facile aux infrastructures scolaires. Il existe également des défis liés à la qualité de l'enseignement.
- **Infrastructure éducative** : L'insuffisance d'infrastructures modernes (écoles, salles de classe, équipements scolaires) est un problème majeur, exacerbé par la croissance démographique rapide. L'amélioration des infrastructures scolaires, notamment la répartition géographique des écoles et leur capacité d'accueil, est cruciale pour répondre à la demande.

1.3 Contexte historique et évolution des infrastructures éducatives

Les infrastructures éducatives de la ville de Thiès ont évolué progressivement en réponse aux changements socio-politiques, aux priorités nationales en matière d'éducation, et à l'évolution démographique de la population. Cette évolution peut être divisée en trois grandes périodes : la période coloniale, l'ère postindépendance, et les développements récents.

Période coloniale : une éducation élitiste et limitée

Sous la colonisation française, l'accès à l'éducation était extrêmement restreint et réservé à une élite locale sélectionnée pour servir l'administration coloniale. Les infrastructures éducatives étaient peu nombreuses et essentiellement situées dans les grandes villes comme Dakar et Thiès.

- **Caractéristiques des infrastructures éducatives** : Les écoles étaient conçues pour former une minorité aux normes européennes. Thiès, en tant que centre stratégique colonial grâce à sa position géographique et son rôle dans le réseau ferroviaire, bénéficiait de quelques infrastructures éducatives, mais celles-ci étaient destinées à une population urbaine privilégiée.

- Contenu de l'éducation : Les programmes scolaires visaient principalement à inculquer la langue française, des notions de base en mathématiques, et une éducation civique centrée sur les valeurs coloniales. L'éducation locale était souvent limitée aux écoles coraniques dans les zones rurales, où l'enseignement était orienté vers les connaissances religieuses.
- Impact sur les infrastructures : À la fin de la période coloniale, le manque d'écoles accessibles et la faiblesse des infrastructures éducatives dans les zones rurales et périurbaines constituaient un défi majeur à relever pour la période postindépendance.

Postindépendance : vers une éducation pour tous

Avec l'indépendance en 1960, le gouvernement sénégalais a reconnu l'éducation comme un levier clé pour le développement national. Les infrastructures éducatives ont commencé à se développer pour répondre aux besoins croissants d'une population jeune et en expansion.

- Construction d'écoles : Dans les années 1960-1980, Thiès a vu une augmentation significative de la construction d'écoles primaires et secondaires, en particulier dans les zones urbaines. Cependant, l'accès restait limité dans les zones rurales et périphériques.
- Politiques éducatives : L'État sénégalais a mis en place des politiques favorisant l'éducation gratuite et obligatoire au niveau primaire. La création d'infrastructures éducatives a été soutenue par des partenaires internationaux, avec des programmes de financement axés sur l'accès universel à l'éducation.
- Problèmes persistants : Malgré ces efforts, de nombreux défis subsistaient, notamment le manque de salles de classe, l'insuffisance de matériel pédagogique, et une disparité dans la qualité de l'enseignement entre les zones urbaines et rurales.

Évolution récente : un accès élargi mais des défis persistants

Depuis les années 2000, les politiques éducatives sénégalaises ont mis l'accent sur l'amélioration de l'accès à l'éducation et la modernisation des infrastructures éducatives.

- Projets de construction et rénovation : Le gouvernement sénégalais, avec le soutien de partenaires techniques et financiers, a lancé plusieurs projets visant à construire de nouvelles écoles dans les zones sous-desservies, y compris dans les quartiers périphériques de Thiès. Des efforts ont également été faits pour rénover et agrandir les infrastructures existantes.
- Priorité à l'équité et à l'inclusion : Les politiques éducatives récentes cherchent à réduire les disparités d'accès, notamment en faveur des filles et des enfants vivant dans des zones défavorisées. Thiès, avec sa population croissante, est devenue une priorité pour ces initiatives.
- Introduction des TIC dans l'éducation : L'introduction des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'enseignement a permis de moderniser l'éducation dans certaines écoles urbaines de Thiès. Cependant, l'intégration de ces technologies reste limitée par le manque d'infrastructures adéquates dans les zones rurales.

- Persistence des défis :

- ✓ Les écoles de Thiès continuent de faire face à des problèmes de surpopulation, avec des classes pouvant accueillir jusqu'à 70 élèves ou plus.
- ✓ Les infrastructures scolaires, bien que plus nombreuses, ne sont pas toujours bien réparties géographiquement, laissant des zones périurbaines et rurales mal desservies.
- ✓ Le manque de ressources pédagogiques et d'enseignants qualifiés reste un problème majeur, affectant la qualité de l'enseignement.

1.4 Analyse des besoins en infrastructures éducatives

L'analyse des besoins en infrastructures éducatives dans la ville de Thiès met en lumière des défis significatifs liés à l'accèsibilité, à la répartition, à la capacité d'accueil et à la qualité des infrastructures existantes. Ces besoins se répartissent selon les dimensions suivantes :

- Répartition géographique des infrastructures

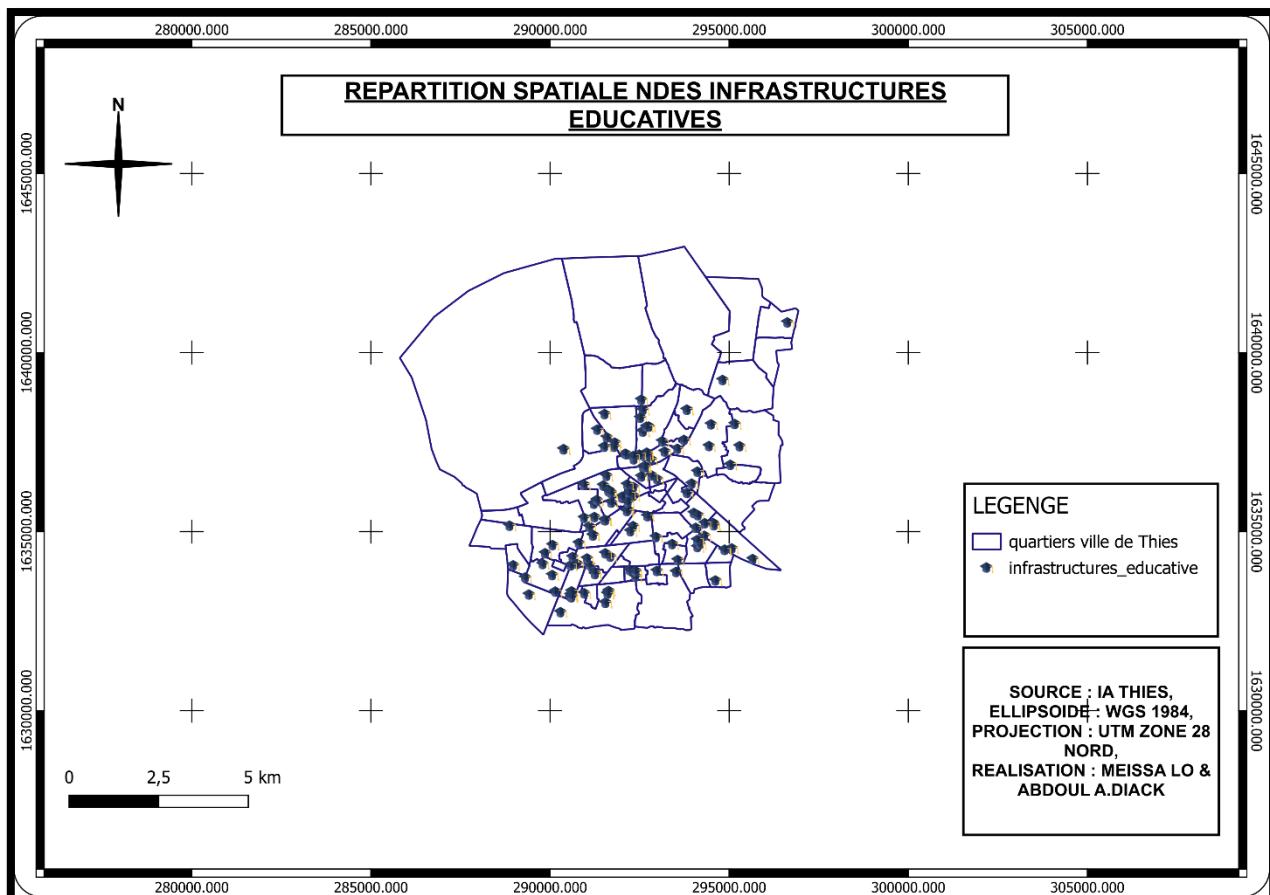


Figure 4 : répartition spatiale des infrastructures scolaires

La distribution des infrastructures éducatives dans la ville de Thiès est déséquilibrée. On observe une concentration importante d'écoles dans les quartiers centraux, où la densité de population est

élevée et les services sont mieux développés. En revanche, les quartiers périphériques et certaines zones rurales sont sous-équipés, avec peu ou pas d'écoles à proximité.

Ce déséquilibre entraîne des défis pour les populations vivant dans les zones marginalisées, où les enfants doivent parcourir de longues distances pour accéder à une école. Cela met en évidence la nécessité de planifier l'implantation de nouvelles infrastructures éducatives, en tenant compte des besoins locaux et de la croissance démographique.

- **Capacité d'accueil des écoles**

Les infrastructures existantes peinent à répondre à la demande croissante en éducation. De nombreuses écoles fonctionnent en surcapacité, avec des classes souvent surchargées allant bien au-delà des standards recommandés. Cette situation a des conséquences négatives sur:

- Les conditions d'apprentissage, qui deviennent difficiles en raison du bruit et du manque d'espace.
- L'efficacité des enseignants, limités dans leur capacité à offrir un suivi personnalisé.
- Le bien-être des élèves, exposés à des environnements peu propices à leur épanouissement.

La construction de nouvelles écoles, l'agrandissement des infrastructures actuelles et l'amélioration de la gestion des flux scolaires sont des solutions indispensables.

- **Accessibilité des infrastructures**

L'accessibilité est un défi majeur, notamment dans les zones rurales et suburbaines de Thiès. Les obstacles incluent:

- **La distance :** Les écoles peuvent être situées trop loin des habitations, augmentant le temps et les efforts nécessaires pour s'y rendre.
- **Le transport :** Les infrastructures de transport sont souvent inadéquates ou inexistantes, rendant difficile l'accès aux écoles, en particulier pour les élèves des ménages les plus défavorisés.
- **La sécurité :** Les trajets longs et parfois dangereux représentent une contrainte pour les parents, surtout pour les plus jeunes enfants.

Des solutions, telles que la construction d'écoles de proximité et l'amélioration des infrastructures routières, sont essentielles pour garantir une éducation accessible à tous.

- **Équité et qualité de l'enseignement**

Il existe de grandes disparités entre les infrastructures éducatives des différents quartiers. Certaines écoles bénéficient de meilleures ressources, tant au niveau des équipements (laboratoires, bibliothèques, technologies) que du personnel (enseignants formés et qualifiés). D'autres, en revanche, manquent de commodités de base, comme des sanitaires adéquats ou un mobilier scolaire adapté.

Ces disparités ont des conséquences sur :

- La réussite scolaire : Les élèves des écoles mieux équipées obtiennent généralement de meilleurs résultats.
- La motivation des enseignants : Le manque de ressources peut réduire leur efficacité et leur satisfaction professionnelle.
- L'équité sociale : Les enfants des quartiers défavorisés sont privés des mêmes opportunités, renforçant les inégalités sociales et économiques.

La ville de Thiès doit répondre à ces défis de manière holistique et inclusive pour garantir une éducation de qualité, accessible et équitable pour tous les enfants. Une planification rigoureuse, appuyée par des outils géospatiaux pour l'analyse des besoins, permettra d'orienter les investissements et d'améliorer l'efficacité du système éducatif local.

Pour cela on peut noter certaines solutions :

- ✓ Aménagement équilibré des infrastructures : Développer un plan stratégique pour une répartition équitable des écoles, en identifiant les zones sous-équipées.
- ✓ Investissement dans la rénovation et l'extension : Réhabiliter les écoles existantes et construire de nouvelles structures pour répondre à la croissance de la demande.
- ✓ Promotion de l'équité : Allouer des ressources supplémentaires aux écoles des quartiers défavorisés afin de réduire les écarts en matière de qualité d'enseignement.
- ✓ Amélioration des services de transport scolaire : Introduire des solutions de transport adaptées pour les élèves vivant loin des infrastructures.

CHAPITRE 2 : CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE

<u>2.1 Revue de littérature.....</u>
<u>2.2 Concepts fondamentaux.....</u>
<u>2.3 Méthodes de collecte et de traitement des données.....</u>
<u>2.3.1. Collecte des données.....</u>
<u>2.3.2. Traitement des données.....</u>
<u>2.4 Choix des technologies et langages de programmation utilisés.....</u>
<u>2.4.1 Technologies SIG.....</u>
<u>2.4.2 Collecte de données</u>
<u>2.4.3 Langages de programmation</u>
<u>2.4.4 Bases de données</u>
<u>2.4.5 Frameworks et outils complémentaires</u>
<u>2.4.6 Environnement de développement</u>

INTRODUCTION

L'analyse des infrastructures éducatives dans un environnement urbain comme celui de Thiès repose sur un cadre théorique bien défini et une méthodologie rigoureuse. Ce chapitre présente d'abord les travaux antérieurs dans le domaine à travers une revue de littérature. Ensuite, il expose les concepts fondamentaux qui sous-tendent l'étude, ainsi que les méthodes de collecte et de traitement des données adoptées. Enfin, les choix technologiques et les langages de programmation utilisés sont décrits afin de justifier leur pertinence dans le contexte de la recherche.

2.1 Revue de littérature

La répartition équilibrée et l'accessibilité des infrastructures éducatives constituent des enjeux majeurs pour le développement durable et inclusif. Les travaux ci-après ont été étudiés afin d'éclairer les bases de cette recherche :

- **Rapports de l'UNESCO** : Selon le rapport mondial de suivi sur l'éducation (*Inclusion et éducation : Tous sans exception*, 2020), l'accès à une éducation de qualité passe par une distribution égale des infrastructures éducatives, en tenant compte des inégalités socio-économiques et géographiques.
- **Dynamiques urbaines et infrastructures** : Les études de l'UN-Habitat (*Cities and Pandemics: Towards a More Just, Green and Healthy Future*, 2020) mettent en avant l'importance d'une planification urbaine adaptée pour réduire les disparités en matière d'accès aux services essentiels.
- **Technologies SIG dans la gestion des infrastructures** : Goodchild (2000) souligne le rôle des Systèmes d'Information Géographique (SIG) comme outils d'aide à la décision pour optimiser la planification spatiale et améliorer l'efficacité des services publics, notamment dans l'éducation.

Ces travaux constituent des références théoriques essentielles pour justifier l'utilisation d'un géoportail WebSIG comme solution à l'inégalité dans l'accès aux infrastructures éducatives à Thiès.

2.2 Concepts fondamentaux

Pour mieux comprendre les bases de ce projet, plusieurs concepts fondamentaux ont été retenus :

- Accessibilité spatiale : Ce concept se réfère à la proximité et à la facilité avec laquelle les infrastructures éducatives peuvent être atteintes par les populations. Il implique une analyse de la distance, du temps de trajet et de la disponibilité des infrastructures.
- Infrastructures éducatives : Il s'agit des établissements scolaires (primaires, secondaires, etc.), comprenant leur localisation, leur capacité d'accueil, et leur statut (public ou privé).
- Systèmes d'Information Géographique (SIG) : Les SIG permettent d'analyser et de représenter des données géographiques pour mieux comprendre la répartition spatiale des infrastructures éducatives.
- Géoportail : C'est une plateforme web interactive qui intègre des données spatiales et attributaires pour visualiser, analyser et partager des informations géographiques.

- Analyse spatiale : Méthode utilisée pour comprendre les relations géographiques et spatiales entre différentes entités. Elle aide à identifier les zones mal desservies et les disparités géographiques.
- Équité éducative : Concept basé sur l'idée que tous les apprenants devraient avoir un accès équitable aux infrastructures éducatives, quelle que soit leur localisation ou leur situation socio-économique.

Ces concepts structurent l'analyse et orientent les choix méthodologiques de cette étude.

2.3 Méthodes de collecte et de traitement des données

Pour réaliser cette recherche, des méthodes mixtes de collecte et de traitement des données ont été adoptées :

2.3.1. Collecte des données

- Données spatiales : Les données géographiques ont été collectées à partir de diverses sources, notamment :
 - Des relevés GPS pour obtenir les coordonnées précises des infrastructures éducatives.
 - Des images satellites pour compléter et vérifier les données spatiales.
- Données attributaires : Ces données incluent des informations descriptives sur les établissements éducatifs, telles que :
 - Le nom, le quartier d'implantation et le statut des établissements.
 - Le nombre d'élèves inscrits en 2023, le nombre d'enseignants et le nombre de salle de classe disponibles.
 - Ces informations ont été obtenues grâce à des enquêtes de terrain et des bases de données officielles fournies par le ministère de l'Éducation nationale.

2.3.2. Traitement des données

- Nettoyage des données : Les données brutes collectées ont été examinées pour identifier et corriger les erreurs, éliminer les doublons, et s'assurer que toutes les informations soient cohérentes et complètes.
- Géoréférencement : Toutes les données collectées ont été intégrées dans un Système d'Information Géographique (SIG) pour leur représentation spatiale. Cela a permis d'attribuer des coordonnées géographiques précises à chaque infrastructure éducative.
- Analyse spatiale :
 - Les techniques SIG ont été utilisées pour évaluer la répartition des infrastructures éducatives dans les communes de Thiès.
 - L'accessibilité a été étudiée pour identifier les zones mal desservies à l'aide d'indicateurs tels que la densité des infrastructures et la distance moyenne entre les infrastructures et les populations.
 - Des analyses supplémentaires ont permis de prioriser les interventions en fonction des besoins identifiés.

2.4 Choix des technologies et langages de programmation utilisés

La conception du géoportail WebSIG repose sur des choix technologiques stratégiques pour garantir efficacité, interactivité et évolutivité. Ces choix incluent des outils de gestion des données géographiques, des langages de programmation, et des frameworks adaptés aux spécificités du projet.

2.4.1. Technologies SIG

- **QGIS :**



- Logiciel SIG open-source utilisé pour le traitement, l'analyse et la visualisation des données géospatiales.
- Il permet de préparer les couches géographiques nécessaires avant leur intégration dans le géoportail.
- **ArcGIS** pour des analyses géospatiales avancées et la production de cartes thématiques détaillées.



- **RStudio** pour les analyses statistiques et la visualisation des données spatiales.



2.4.2. Collecte des données:

- **KoboCollect :**



Cet outil a été utilisé pour la collecte des données attributaires sur le terrain. Grâce à son interface mobile, il a permis de réaliser des enquêtes efficaces et de synchroniser les informations avec une base de données centrale.

2.4.3. Langages de programmation

- **HTML (HyperText Markup Language) :**



- Utilisé pour structurer les pages web du géoportail.
 - Il définit les éléments tels que les boutons, les formulaires et les sections pour l'affichage des informations éducatives.
- **CSS (Cascading Style Sheets) :**



- Permet de styliser l'interface utilisateur en définissant les couleurs, polices, animations et dispositions.
 - Garantit une expérience utilisateur visuellement attrayante.
- **JavaScript :**



- Langage essentiel pour ajouter de l'interactivité et dynamiser le contenu des pages web.
- Utilisé en combinaison avec des bibliothèques comme *Leaflet.js* et des outils comme *Ajax* pour la gestion asynchrone des données.
- **Leaflet.js :**



- Une bibliothèque JavaScript légère pour créer des cartes interactives.
- Elle est utilisée pour afficher les infrastructures éducatives, gérer les interactions utilisateur (zoom, recherche, sélection de points) et intégrer des couches géographiques.
- **PHP (Hypertext Preprocessor) :**



- Utilisé pour développer les fonctionnalités côté serveur.
- Permet de traiter les requêtes de la base de données et d'envoyer les résultats au client (navigateur) de manière dynamique.

2.4.4. Base de données

- **PostgreSQL avec PostGIS :**



- PostgreSQL est un système de gestion de bases de données relationnelles robuste et extensible.
- L'extension PostGIS ajoute des fonctionnalités de gestion des données spatiales, telles que le stockage et la manipulation de coordonnées géographiques.

- Elle permet d'exécuter des requêtes complexes comme la recherche des infrastructures les plus proches ou l'analyse de couverture géographique.

2.4.5. Frameworks et outils complémentaires

- **Ajax (Asynchronous JavaScript and XML) :**



- Technologie permettant de charger les données de manière dynamique sans recharger la page entière.
- Améliore l'expérience utilisateur en assurant une interaction fluide avec le géoportail.

- **Bootstrap :**



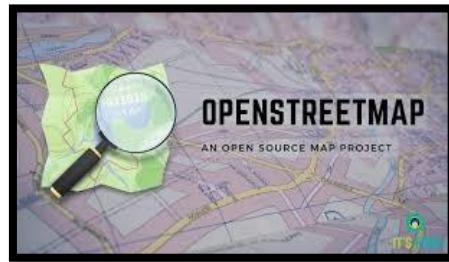
- Framework CSS utilisé pour créer une interface web responsive qui s'adapte à différentes tailles d'écran (ordinateurs, tablettes, smartphones).

- **JSON (JavaScript Object Notation) :**



- Format léger utilisé pour l'échange de données entre le serveur et l'interface utilisateur.
- Les données géographiques et attributaires sont souvent transmises au format JSON pour simplifier leur traitement.

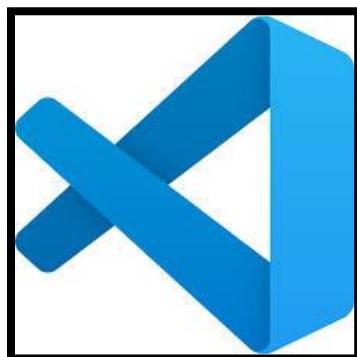
- **OpenStreetMap (OSM) :**



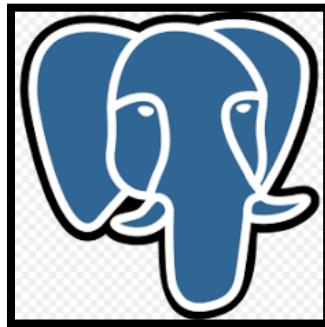
- Fournit des fonds de carte libres et collaboratifs, intégrés dans le géoportail pour contextualiser les infrastructures éducatives.

2.4.5. Environnement de développement

- **VSCode (Visual Studio Code) :**



- Éditeur de code source multi-plateforme utilisé pour le développement des fichiers HTML, CSS, JavaScript, et PHP.
- **pgAdmin :**



Interface graphique pour la gestion des bases de données PostgreSQL/PostGIS. Ces choix technologiques offrent un équilibre entre robustesse, flexibilité et accessibilité, rendant le géoportail WebSIG efficace pour visualiser, analyser et améliorer l'accès aux infrastructures éducatives dans les communes de Thiès.

Ce chapitre a permis de poser les bases théoriques et méthodologiques indispensables à la réalisation de ce projet. À travers une revue de littérature exhaustive, des concepts fondamentaux ont été définis pour cadrer l'analyse des infrastructures éducatives. Les méthodes mixtes de collecte et de traitement des données ont été détaillées, mettant en lumière une approche rigoureuse et structurée. Enfin, les technologies et langages de programmation adoptés témoignent d'un choix réfléchi et stratégique pour garantir l'efficacité et la durabilité du géoportail WebSIG. Cette méthodologie servira de fondement pour les analyses et développements à venir, en répondant aux enjeux d'accessibilité et de répartition équitable des infrastructures éducatives dans les communes de Thiès.

CHAPITRE 3 : CONCEPTION ET CREATION DE LA BASE DE DONNEES

3.1	<u>Collecte et préparation des données géospatiales</u>
3.2	<u>Les bases de données</u>
3.2.1	<u>Conception d'un modèle de données géospatiales</u>
3.2.1.1	<u>La modélisation de la base de données</u>
3.2.1.2	<u>Résultat de la modélisation</u>
3.2.1.2.1	<u>Elaboration du Modèle Conceptuel de Données (MCD)</u> :
3.2.1.2.2	<u>Elaboration du Modèle Logique de Données (MLD)</u> :
3.3.1.2.3	<u>Elaboration du Modèle Physique de Données(MPD)</u>
3.3	<u>Création et gestion de la base de données</u>
3.3.1	<u>Mise en place d'une base de données dans un SGBD</u>
3.3.2	<u>Gestion des mises à jour et de l'intégrité des données</u>

INTRODUCTION

La conception et la création d'une base de données constituent une étape fondamentale dans tout projet de géoportail ou de système d'information géographique (SIG). Cette phase vise à structurer, organiser et gérer efficacement les données afin de garantir leur accessibilité, leur intégrité et leur mise à jour. Dans le cadre de ce projet, une attention particulière est portée aux données géospatiales, qui permettent de représenter et d'analyser les infrastructures éducatives dans la ville de Thiès.

Ce chapitre détaille les étapes nécessaires pour la mise en place d'une base de données géospatiale adaptée aux besoins de gestion des infrastructures éducatives. La collecte et la préparation des données sont abordées dans un premier temps, suivies de la conception de la structure de la base de données à travers un modèle logique et physique. Enfin, les aspects techniques liés à la création, la gestion et la mise à jour de la base de données dans un système de gestion de bases de données (SGBD) sont présentés.

3.1 Collecte et préparation des données géospatiales

La collecte et la préparation des données sont essentielles pour garantir la fiabilité et la pertinence des informations à intégrer dans la base de données. Les données géospatiales utilisées pour ce projet proviennent de diverses sources, notamment les relevés terrain, les bases de données existantes et les données cartographiques. Une attention particulière a été portée à leur nettoyage, leur projection géographique et leur enrichissement.

3.2 Les bases de données

Une base de données est un ensemble organisé de données structurées et interconnectées, stockées électroniquement dans un système informatique. Elle est conçue pour permettre un accès facile, une manipulation efficace et une gestion sécurisée des données. Les bases de données sont utilisées dans de nombreux domaines, notamment pour stocker des informations telles que les transactions commerciales, les enregistrements clients, les données scientifiques, les données médicales, etc. Elles reposent généralement sur un système de gestion de base de données (SGBD) qui permet de gérer et d'interroger les données de manière efficace.

Les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) sont des logiciels permettant à des utilisateurs aux profils variés de créer, modifier et interroger de grandes quantités de données structurées, appelées bases de données. En général, un SGBD est constitué d'un ensemble de programmes ou de logiciels qui permettent de : organiser les données sous forme de base de

données, collecter ou saisir les données, stocker ces dernières, les traiter et les interroger, assurer leur partage et leur sécurité, ainsi que diffuser les résultats obtenus.

Un SGBD doit fournir les éléments suivants :

- Un langage de définition des données (LDD), qui permet à l'utilisateur de définir l'organisation des données au niveau logique (conceptuel ou abstrait). L'organisation physique des données est gérée par le SGBD.
- Un langage de manipulation des données (LMD), qui permet à l'utilisateur de saisir, récupérer et mettre à jour des informations variées. Ces langages ont pour objectif de fournir les informations les plus récentes afin de gérer efficacement les ressources, d'analyser, de prédire et de planifier.

3.2.1 Conception d'un modèle de données géospatiales

La conception d'un modèle de données géospatiales fait référence à la création d'une structure permettant d'organiser, de stocker, et de gérer des données géographiques dans un système d'information géographique (SIG). Ce modèle permet de représenter les entités géographiques (comme des points, des lignes, des polygones) et leurs attributs associés dans un format qui facilite l'analyse, la visualisation et l'interprétation des informations spatiales.

3.2.2 Modélisation des données

Une base de données informatique est un ensemble de données stockées sur un support numérique, organisées et structurées de manière à en faciliter l'accès, la modification et la gestion. Avant de créer une base de données, il est nécessaire de passer par une phase de modélisation. Ce processus se divise en trois étapes principales : le modèle conceptuel, le modèle logique et le modèle physique. Pour concevoir la base de données, deux principales méthodologies sont utilisées : UML et Merise (entité-association).

Dans notre projet, nous avons choisi d'utiliser la méthode Merise, qui est une approche de modélisation polyvalente dans le domaine des systèmes d'information, du génie logiciel et de la gestion de projet. Merise distingue clairement les données et les processus, en modélisant les données à travers trois étapes : de la conception à la logique, puis à la structure physique. Grâce à cette méthode, nous pouvons créer des tables reliées entre elles pour établir une base de données relationnelle. La conception de la base de données a été réalisée à l'aide du logiciel Looping et repose sur quatre concepts principaux :

- L'entité : un élément, qu'il soit concret ou abstrait, du monde réel, possédant des caractéristiques propres et pouvant avoir plusieurs instances.
- L'attribut : une caractéristique qui définit une entité. Chaque entité doit posséder au moins un attribut, appelé clé primaire, permettant de distinguer ses différentes occurrences (enregistrements ou lignes).
- L'association (ou relation) : le lien entre deux entités, généralement exprimé à l'aide d'un verbe d'action, qui décrit le type de relation entre elles.

- La cardinalité : elle définit le nombre d'occurrences d'une entité pouvant être associées à une autre. La cardinalité est exprimée par deux bornes : minimale et maximale, séparées par une virgule. Les quatre couples possibles sont: (0, 1 - 1, 1 - 0, N - 1, N).

3.2.1.2 Résultat de la modélisation

Dans cette section, nous détaillerons les différentes étapes de la modélisation des données en trois niveaux : **le Modèle Conceptuel de Données (MCD)**, **le Modèle Logique de Données (MLD)** et **le Modèle Physique de Données (MPD)**.

3.2.1.2.1 Elaboration du Modèle Conceptuel de Données (MCD)

Le **Modèle Conceptuel de Données (MCD)** représente la vue la plus abstraite et générale des données d'un système d'information. Il s'agit de la première étape de modélisation où les données sont organisées en **entités** et **relations** (ou associations) entre ces entités. L'objectif principal du MCD est de fournir une représentation claire et structurée des informations nécessaires à l'application, sans se soucier des contraintes techniques spécifiques au SGBD ou des détails physiques de stockage. Le MCD permet de comprendre les objets du système et la manière dont ils interagissent.

- **Entité** : Un objet ou un concept du monde réel qui a une existence propre et identifiable, comme un utilisateur, un produit ou une commande.
- **Association** : La relation entre deux ou plusieurs entités, définissant comment elles sont connectées (par exemple, une relation "appartient à" entre un employé et un département).

Le MCD est donc une abstraction qui sert de base pour la conception de la base de données, en se concentrant sur les entités et leurs interactions sans prendre en compte les technologies spécifiques de stockage.

```
commune = (id_commune INT, nom_commune VARCHAR(50), region VARCHAR(50), population INT);
quartier = (id_quartier INT, nom_quartier VARCHAR(50), population INT, superficie DECIMAL(15,2),
#id_commune);
infrastructure_educative = (id_ecole INT, nom_ecole VARCHAR(50), systeme VARCHAR(50), statut
VARCHAR(50), nombre_eleves INT, longitude DECIMAL(15,2), latitude DECIMAL(15,2), #id_commune,
#id_quartier);
```

La figure ci-dessous illustre notre MCD :

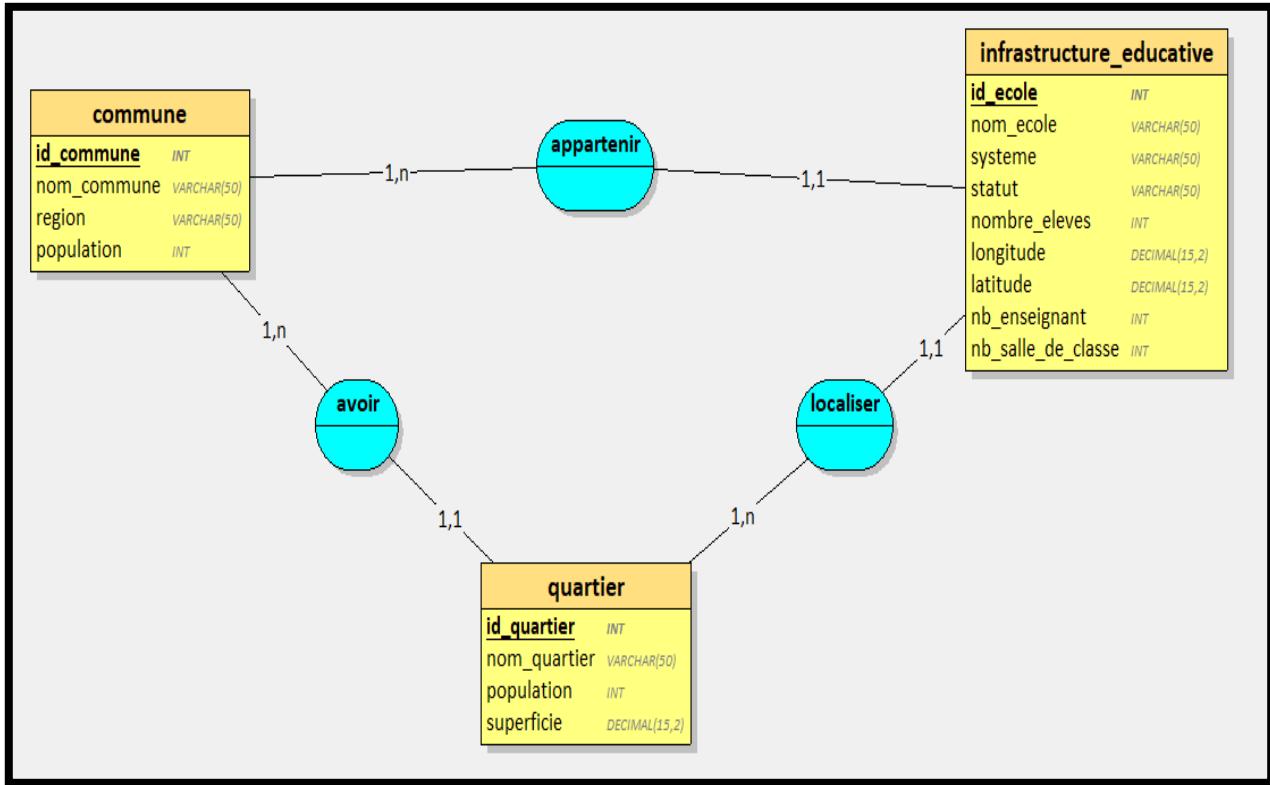


Figure 5 : Modèle Conceptuel de Données

Le Modèle Logique de Données (MLD) est une version optimisée du MCD. Il traduit les éléments du MCD en une forme plus détaillée et adaptée à la technologie sous-jacente, ici un Système de Gestion de Base de Données Relationnelle (SGBDR). Le MLD est indépendant du SGBD, mais il intègre déjà les structures nécessaires pour assurer une implémentation efficace sur un SGBD relationnel.

3.2.1.2.2 Elaboration du Modèle Logique de Données (MLD)

Pour passer du MCD au MLD, plusieurs transformations doivent être appliquées :

1. Entité → Table : Chaque entité du MCD devient une table dans le MLD. Les attributs de l'entité deviennent les colonnes de la table.
2. Association binaire (1,1) : Pour une relation binaire entre deux entités ayant une cardinalité (1,1), une des tables reçoit une copie de la clé primaire de l'autre table, qui devient une clé étrangère dans cette table.
3. Association de type 1,N ou 0,N : Pour une relation entre une entité de cardinalité (1,1) et une autre de cardinalité (N), la table représentant l'entité ayant la cardinalité (1,1) reçoit la clé de l'autre entité en tant que clé étrangère. Pour une relation de cardinalité (N,M), une nouvelle table est créée. Cette table, représentant la relation, contient les clés primaires des deux entités sous forme d'attributs et peut inclure d'autres attributs qui décrivent la nature de la relation.

Le MLD est donc une représentation plus technique des données qui commence à prendre en compte les contraintes de conception, mais reste encore largement théorique.

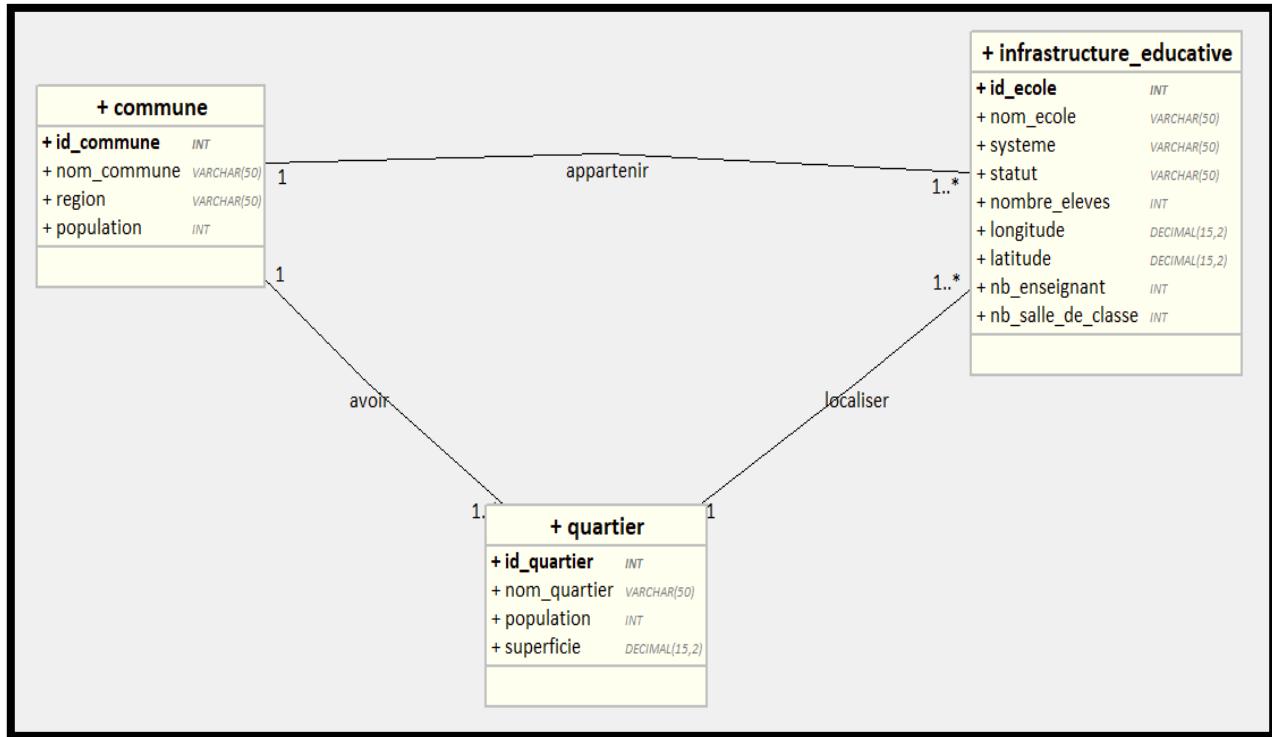


Figure 6 : Modèle Logique de données

3.2.1.2.3 Elaboration du Modèle Physique de Données (MPD)

Le Modèle Physique de Données (MPD) est la dernière étape de la modélisation des données. Il représente la structure des données dans un format directement exploitable par le SGBD. Ce modèle est optimisé pour le stockage et la gestion des données en fonction des spécificités du système utilisé. Le MPD prend en compte les considérations de performance, de stockage, de sécurité et d'intégrité des données.

Les principales caractéristiques du MPD sont les suivantes :

- Tables : Les tables définies dans le MLD deviennent des fichiers de données physiques dans le SGBD. Ces fichiers contiennent les données réelles qui sont stockées sur le disque.
- Champs : Les propriétés définies dans le MLD (comme les attributs) deviennent des champs de table dans le MPD. Ces champs représentent les colonnes des tables où les données seront stockées.
- Clés primaires : Les identifiants des entités dans le MLD deviennent des clés primaires dans le MPD. Ces clés permettent d'identifier de manière unique chaque enregistrement dans une table.
- Clés étrangères et secondaires : Les clés étrangères, qui ont été introduites dans le MLD pour lier les tables entre elles, deviennent des clés secondaires dans le MPD. Ces clés permettent de maintenir l'intégrité référentielle entre les tables liées.

Le MPD est donc l'étape de modélisation qui adapte le modèle aux spécifications techniques du SGBD, en veillant à optimiser les performances d'accès, de stockage et de mise à jour des données.

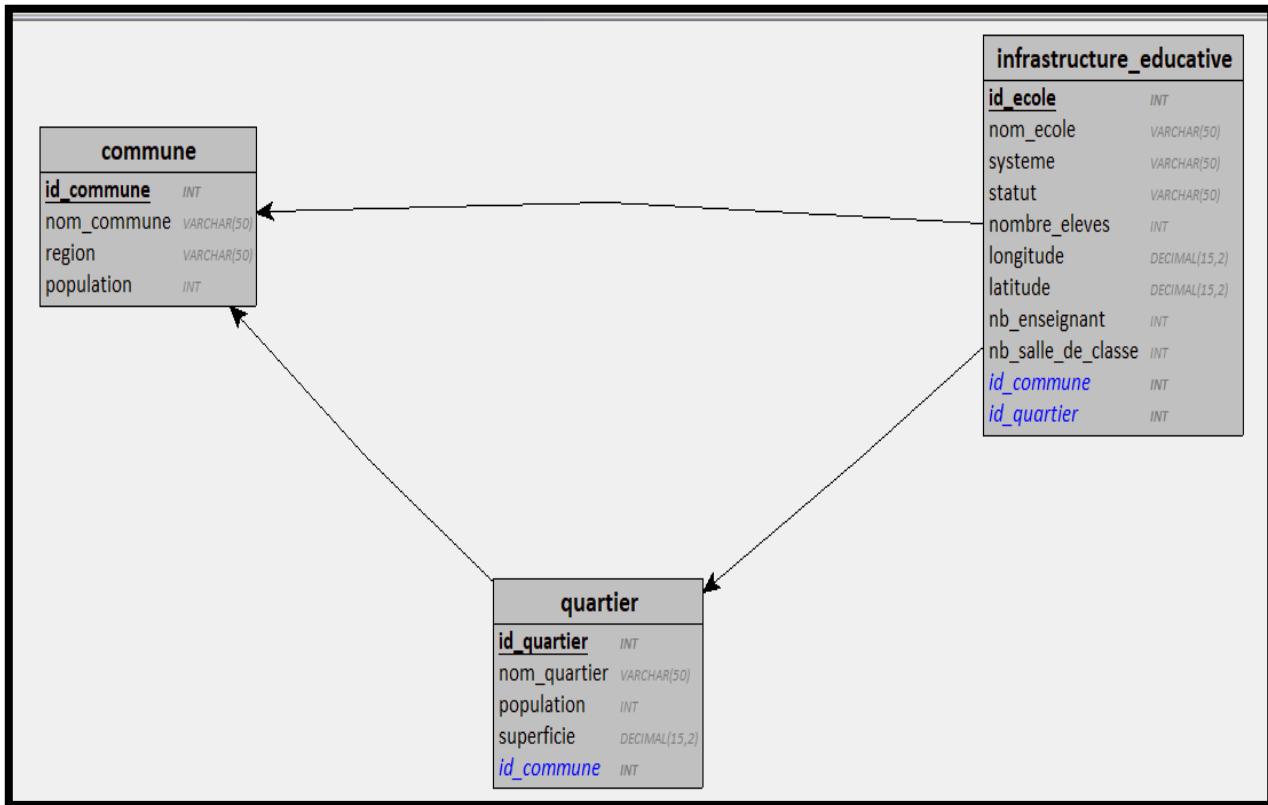


Figure 7 : Modèle Physique de données

La modélisation des données est un processus fondamental qui permet de structurer les informations de manière logique et physique, afin de garantir la cohérence et la performance du système d'information. Le passage du MCD au MLD, puis du MLD au MPD, constitue un processus de transformation qui affine progressivement les besoins métier en une solution technique adaptée au SGBD choisi. Ces étapes sont essentielles pour créer une base de données performante et fonctionnelle.

3.3 Crédation et gestion de la base de données

Une fois la modélisation des données achevée, la phase suivante consiste à implémenter la base de données dans un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD). Cette étape est cruciale pour garantir une bonne performance, une gestion optimale des données géospatiales, et une évolutivité du système. La création de la base de données implique plusieurs sous-étapes qui incluent l'implémentation des modèles dans le SGBD choisi, ainsi que les mécanismes de gestion des données.

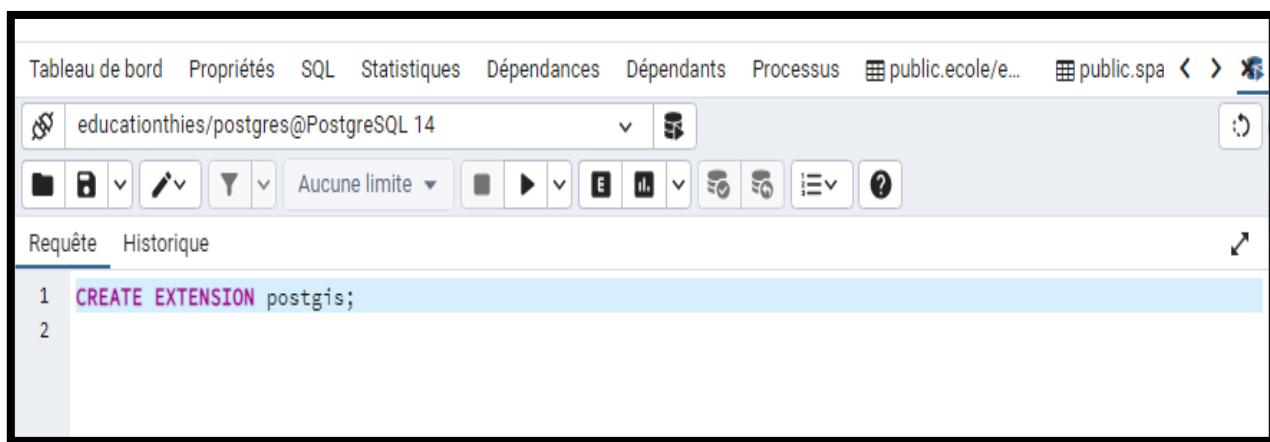
3.3.1 Mise en place d'une base de données dans un SGBD

Dans cette section, nous allons expliquer comment nous avons procédé pour créer et organiser une base de données dans un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD), en l'occurrence PostgreSQL avec l'extension PostGIS. Cette base de données est au cœur de notre projet de géoportail pour la gestion des infrastructures éducatives des trois communes de Thiès : Thiès Est, Thiès Nord et Thiès Ouest.

La première étape a été d'installer PostgreSQL, un SGBD relationnel, ainsi que son extension PostGIS, qui nous permet de gérer les données géospatiales. Une fois ces outils installés :

- Nous avons configuré PostgreSQL pour sécuriser l'accès à la base (définition des utilisateurs, mots de passe, etc.).
- Nous avons activé l'extension PostGIS dans notre base de données, car elle est indispensable pour traiter des données géographiques.

Voici la commande qui a été utilisé via pgAdmin :

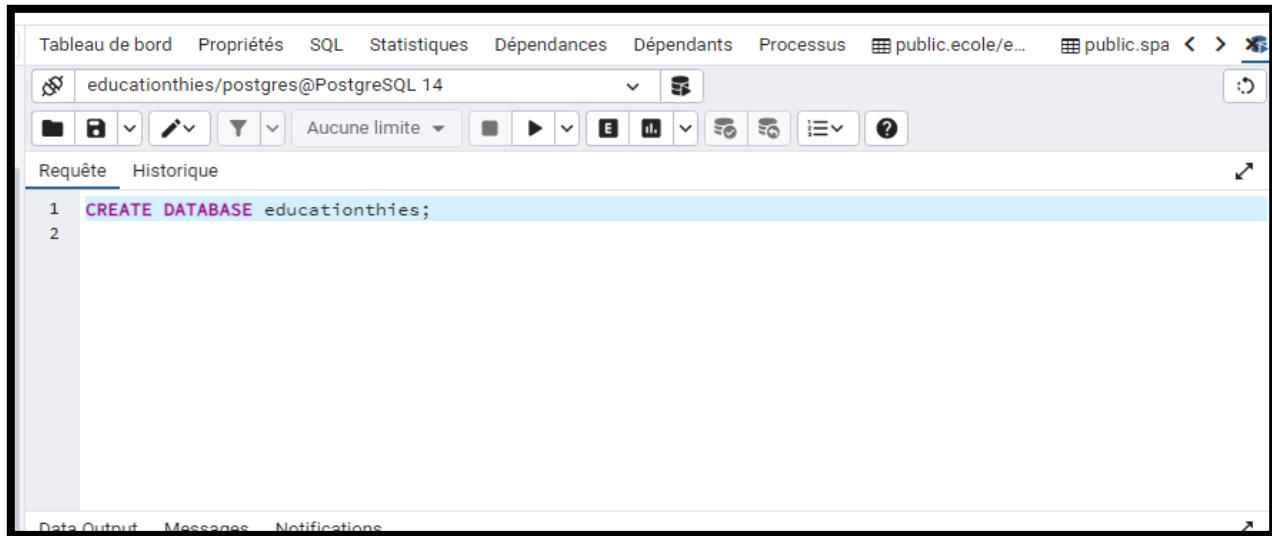


The screenshot shows the pgAdmin 4 interface. The top menu bar includes 'Tableau de bord', 'Propriétés', 'SQL', 'Statistiques', 'Dépendances', 'Dépendants', 'Processus', and two connection tabs: 'public.ecole/e...' and 'public.spa'. Below the menu is a toolbar with various icons for database management. The main window has two tabs: 'Requête' (selected) and 'Historique'. In the 'Requête' tab, there is a single line of SQL code: 'CREATE EXTENSION postgis;'. The number '1' is to the left of the command, and '2' is below it, indicating the line numbers.

Figure 8 : création de l'extension postgis

Ensuite, nous avons créé une base de données dédiée à notre projet, que nous avons nommée **educationthies**. Cette base servira à stocker toutes les informations relatives aux infrastructures, communes et quartiers.

Commande utilise pour la création de la base de données :



The screenshot shows the pgAdmin 4 interface. At the top, there's a menu bar with 'Tableau de bord', 'Propriétés', 'SQL', 'Statistiques', 'Dépendances', 'Dépendants', 'Processus', and two connection tabs: 'public.ecole/e...' and 'public.spa'. Below the menu is a toolbar with various icons. The main area is titled 'Requête' (Query) and shows a single line of SQL code: '1 CREATE DATABASE educationthies;'. The status bar at the bottom indicates 'Data Output', 'Messages', and 'Notifications'.

Figure 9 : création de la base de données

Une fois la base de données créées, nous avons importé les données collectées :

Les limites des communes et des quartiers ainsi que les infrastructures éducatives (sous forme de fichiers shapefiles) ont été intégrées à la base de données en utilisant l'outil **Postgis**.

Étapes pour importer les données via Postgis Bundle :

PostGIS Bundle est une version préconfigurée de PostgreSQL intégrant PostGIS et d'autres outils (comme pgAdmin, shp2pgsql, raster2pgsql, etc.). Cela facilite l'installation et la gestion de PostgreSQL pour les projets géospatiaux. Voici les étapes pour importer des données géospatiales dans **PostGIS Bundle** :

- Installer et configurer PostGIS Bundle

- Téléchargez et installez **PostGIS Bundle** à partir du site officiel (PostGIS Downloads).

- Pendant l'installation, sélectionnez :

- PostgreSQL
- PostGIS
- pgAdmin
- Les outils CLI (shp2pgsql, raster2pgsql).

- Une fois installé, démarrez le serveur PostgreSQL et accédez à pgAdmin pour gérer votre base de données.

- Préparer les fichiers géospatiaux

- Assurez-vous que vos fichiers sont dans un format compatible comme Shapefile (.shp), GeoJSON, ou autres.
 - Placez vos fichiers dans un répertoire accessible pour les importer via les outils CLI ou pgAdmin.
- Environnement de Postgis

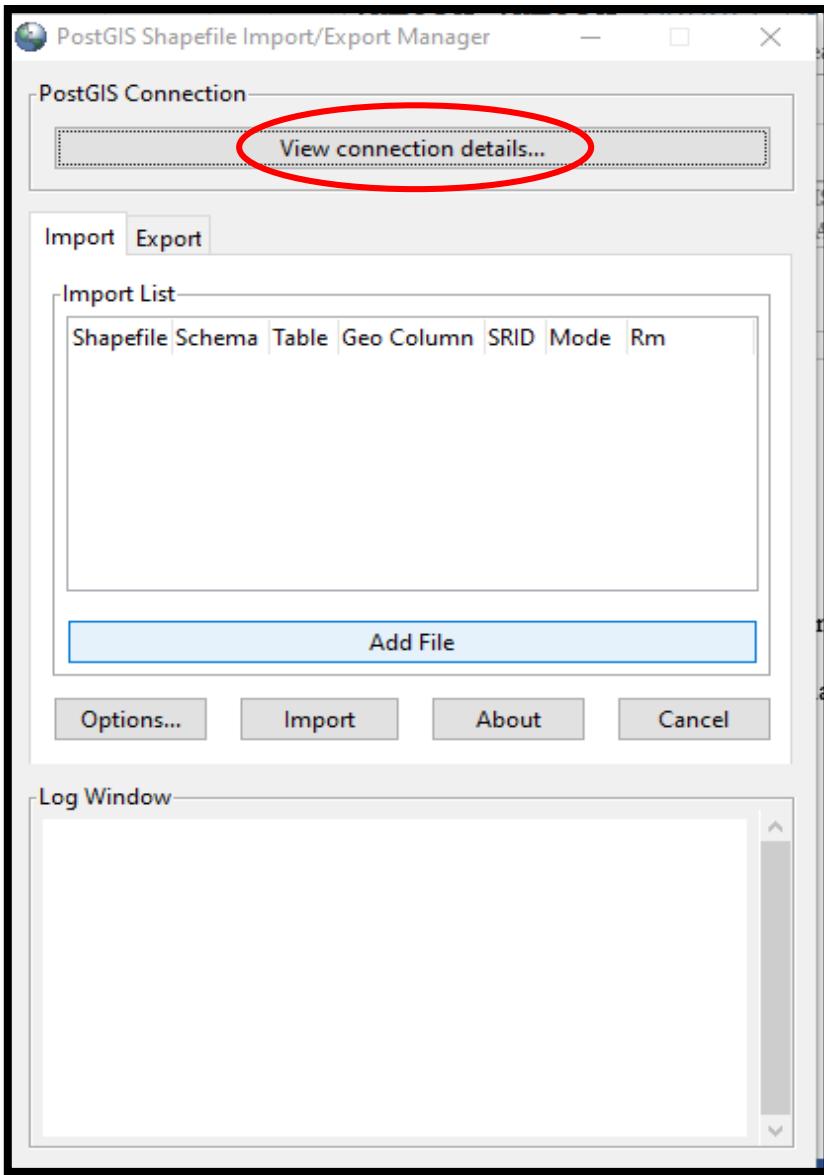


Figure 10 : environnement de postgis bundle

La première étape consiste à se connecter à la base de données

- Connexion à la base de données avec Postgis bundle :

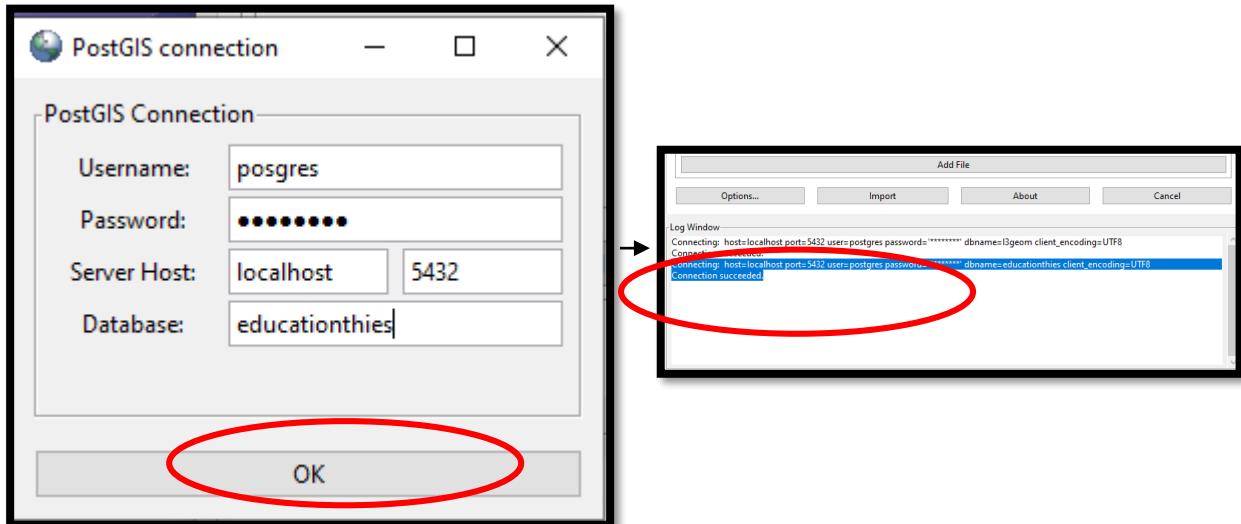


Figure 11 : connexion à la base de données via postgis

- Importer des fichiers Shapefiles :

Chargez le fichier shapefile dans la base PostGIS avec la commande suivante « add files » et puis vous sélectionnez le fichier concerné :

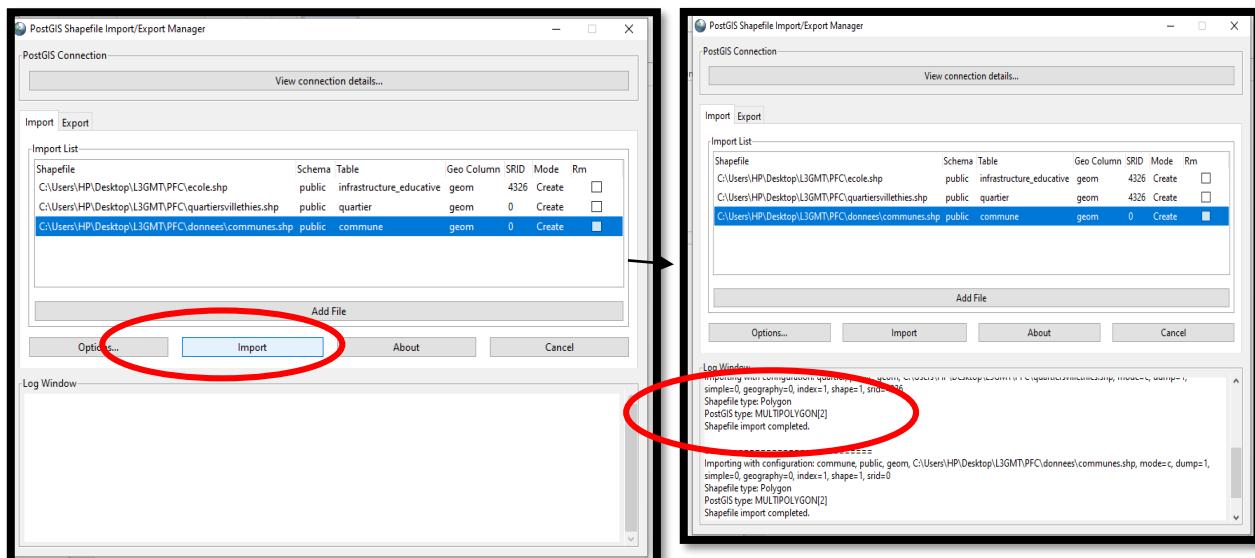


Figure 12 : importation des shapefiles

Une fois ces étapes accomplies vous pouvez aller sur votre base de données et vérifier si vos fichiers ont été bien importés.

3.3.2 Gestion des mises à jour et de l'intégrité des données

La gestion des mises à jour et de l'intégrité des données dans une base de données géospatiale est une étape cruciale pour garantir que les informations restent fiables, cohérentes, et à jour tout au

long du cycle de vie du projet. Cette section détaille les mécanismes, outils, et bonnes pratiques utilisés pour effectuer des mises à jour régulières et préserver l'intégrité des données.

- **Gestion des mises à jour des données**

La mise à jour des données consiste à modifier, supprimer ou ajouter des informations pour refléter les changements survenus dans le monde réel. Dans le contexte de notre projet, il peut s'agir par exemple d'ajouter une nouvelle infrastructure éducative, de mettre à jour les coordonnées géographiques d'une école, ou de modifier des données attributaires telles que le nombre d'élèves.

- **Maintien de l'intégrité des données**

L'intégrité des données désigne la précision, la cohérence, et la validité des informations dans la base de données. Dans une base géospatiale, cela inclut également la cohérence spatiale (par exemple, éviter des coordonnées géographiques erronées).

CHAPITRE 4 : ANALYSE DES DONNEES.....

- 4.1 Présentation des données.....
- 4.2 Prétraitement des données.....
- 4.3 Analyse spatiale des infrastructures éducatives.....
 - 4.3.1 Accessibilité aux infrastructures éducatives.....
 - 4.3.1.1 Accessibilité aux écoles primaires.....
 - 4.3.1.2 Accessibilité à l'école moyenne.....
 - 4.3.1.3 Accessibilité aux écoles secondaires.....
 - 4.3.1.4 Accessibilité globale aux infrastructures éducatives.....
 - 4.3.2 couverture spatiale.....
 - 4.3.2.1 Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles primaires
 - 4.3.2.2 Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles moyennes
 - 4.3.2.3 Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles secondaires
 - 4.3.2.4 Analyse et interprétation des rapports élèves/enseignant
 - 4.3.2.4.1 ratios élèves/enseignant
 - 4.3.2.4.2 ratios élèves/SDC

Introduction

Dans ce chapitre, l'objectif principal est de présenter, traiter et analyser les données collectées afin de répondre aux questions de recherche concernant les infrastructures éducatives à Thiès. Cette analyse vise à évaluer la répartition spatiale des établissements, à analyser leur accessibilité et à mettre en évidence d'éventuelles disparités géographiques et socio-économiques. Grâce à l'utilisation d'outils SIG (Système d'Information Géographique), les données spatiales et attributaires seront traitées pour générer des résultats utiles à la prise de décisions en matière d'aménagement et de développement des infrastructures éducatives.

L'analyse comprendra plusieurs étapes : la présentation des données, le prétraitement, l'analyse spatiale des infrastructures éducatives, ainsi que la production de cartes statiques pour interpréter les résultats obtenus.

4.4 Présentation des données

Tableau 1 : présentation des données

ID	SYSTEME	STATUT	SOUS STATU	NOM_ETABL	QUARTIER	COMMUNE	Garcons	Filles	population	DTAL_G	NB_CP	NB_SDC	NB_ENSEIGN	longitude	latitude
1	80 MOYEN ET SEC...	Public	Public classique	LYCEE MALICK SY	CITE MALICK SY	Thies Ouest	1545	1964	2897	3509	69	56	140	-16,9395300898...	14,78454995219...
2	9 MOYEN ET SEC...	Public	Public classique	LYCEE AHMADOU NDACK SECK	SAMPATHE	Thies Est	1357	2000	8666	3357	64	41	141	-16,9038609999...	14,77693900000...
3	52 MOYEN ET SEC...	Prive	Prive Catholique	CPMS SAINT GABRIEL	THIALY (GRAN...	Thies Nord	1444	1127	11493	2571	50	51	43	-16,9344237340...	14,80337361310...
4	115 MOYEN	Public	Public classique	CEM MAMADOU DIAW	SOM	Thies Ouest	701	823	8781	1524	23	17	38	-16,9309106263...	14,78645704785...
5	92 MOYEN ET SEC...	Public	Public classique	LYCEE JULES SAGNA	ESCALE SUD	Thies Ouest	622	836	627	1458	30	18	61	-16,9270121205...	14,79720833840...
6	1 PRIMAIRE	Public	Public classique	EE LAMANE NGOMACK FAYE	CITE SENGHOR II	Thies Est	698	746	10804	1444	15	17	20	-16,9178652095...	14,77386841448...
7	47 PRIMAIRE	Public	Public classique	EE MOUSTAPHA GUEYE (EX MEDINA F...	MEDINA FALL E...	Thies Nord	556	768	6803	1324	12	12	17	-16,903677628...	14,80834678812...
8	37 PRIMAIRE	Public	Public classique	EE EL HADJI IBRAHIMA SARR	CITE BALABEY (...)	Thies Est	657	637	1331	1294	14	14	19	-16,9129394757...	14,79622813388...
9	16 PRIMAIRE	Public	Public classique	EE EL HADJI BOUBACAR NDIAYE	SILMANG (KEU...	Thies Est	596	679	11166	1275	14	14	20	-16,9182535591...	14,77087114562...
10	30 MOYEN	Public	Public classique	CEM DIAMEGUENE B	DIAMAGUENE	Thies Est	559	697	12076	1256	16	10	29	-16,9137672475...	14,78579440435...
11	55 PRIMAIRE	Prive	Prive Protestante	CPEE DANIEL BROTTIER	THIALY (GRAN...	Thies Nord	743	512	11493	1255	24	24	35	-16,9316992051...	14,80058273295...
12	24 PRIMAIRE	Public	Public classique	EE KABA SALL	HERSENT I	Thies Est	593	655	11759	1248	13	14	17	-16,9121968628...	14,77792203867...
13	8 MOYEN ET SEC...	Public	Public classique	LYCEE FAHU	FAHUI	Thies Est	518	702	1354	1220	30	31	67	-16,9420214070...	14,7652972813...
14	49 PRIMAIRE	Public	Public classique	EE CHEIKH IBRA FALL	MEDINA FALL	Thies Nord	527	687	37280	1214	12	12	16	-16,9095112187...	14,80820603678...
15	111 MOYEN	Public	Public classique	CEM DJIBRIL DIAW	RANDOULENE ...	Thies Ouest	457	689	12158	1146	20	14	37	-16,9294880628...	14,78234782921...
16	59 PRIMAIRE	Public	Public classique	EE EL HADJI MOUNDIAYE THIAW	TAKHIKAO	Thies Nord	575	546	8938	1121	12	12	15	-16,9164880628...	14,80421123036...
17	108 MOYEN	Public	Public classique	CEM MBOUR 2	MBOUR II	Thies Ouest	502	602	3056	1104	16	13	33	-16,9392738128...	14,77015967349...
18	4 MOYEN	Public	Public classique	CEM PARCELLES ASSAINIES	PA U2	Thies Est	468	618	3723	1086	19	14	36	-16,9302582475...	14,77122529685...
19	60 MOYEN ET SEC...	Prive	Prive Laïc	CPMS ACADEMIE PRIVEE DES LETTRES ...	KEUR MAME EL...	Thies Est	499	570	5477	1069	16	18	49	-16,9249666129...	14,79917270102...
20	126 PRIMAIRE	Prive	Prive Catholique	CPEE SAINT AUGUSTIN	CARRIERE	Thies Ouest	499	565	1499	1064	18	18	23	-16,9309242017...	14,78831833716...

Les données mobilisées pour cette étude proviennent de plusieurs sources variées, regroupant à la fois des organismes institutionnels et des plateformes ouvertes. Cette diversité dans les origines des données garantit une vision complète et détaillée des infrastructures éducatives de la ville de Thiès. Ces informations sont essentielles pour comprendre la situation actuelle des infrastructures, leur répartition sur le territoire, ainsi que leur accessibilité pour les habitants.

Ces données comprennent deux grandes catégories principales :

- **Les données tabulaires** : Ce sont des informations organisées sous forme de tableaux, contenant des détails textuels et numériques sur les infrastructures éducatives. Elles incluent des éléments tels que le nom des écoles, leur localisation, leur statut (public ou privé), leur capacité d'accueil (nombre d'élèves, enseignants, le nombre de classe pédagogique).
- **Les données géographiques** : Ces données permettent de situer les écoles et les autres éléments pertinents (comme les limites administratives) sur une carte. Elles jouent un rôle crucial dans les analyses spatiales, comme l'étude de la distribution géographique des infrastructures et l'évaluation de leur accessibilité pour les différentes zones de la ville.

Cette combinaison de données tabulaires et géographiques permet de produire des analyses approfondies. Elle facilite également la création de visualisations cartographiques et statistiques, indispensables pour mettre en évidence les disparités et les points à améliorer dans la gestion et l'accessibilité des infrastructures éducatives. En regroupant des informations issues de différentes sources, cette approche offre une base solide pour des prises de décision éclairées et adaptées aux réalités locales.

4.2 Prétraitement des données

Le prétraitement des données est une étape cruciale pour garantir la qualité et la précision de nos résultats. Nous avons collecté des données provenant de diverses sources, notamment des institutions gouvernementales, des plateformes ouvertes et des enquêtes de terrain. Toutefois, ces données brutes ne peuvent pas être directement utilisées sans être correctement préparées et traitées. Voici les étapes que nous avons suivies pour préparer les données :

- Vérification de la qualité des données

Tout d'abord, nous avons procédé à un contrôle de qualité des données collectées. Cela a impliqué la vérification des valeurs manquantes, des erreurs typographiques, et de l'exactitude des informations géographiques.

- Données manquantes : Nous avons détecté certaines valeurs manquantes dans nos jeux de données, en particulier pour les informations sur les écoles dans des quartiers reculés. Nous avons utilisé des méthodes d'imputation, où les données manquantes ont été remplacées par la moyenne ou la médiane des valeurs existantes, dans le cas des données démographiques par exemple.
- Erreurs de saisie : Certaines écoles avaient des informations incohérentes, comme une capacité d'accueil de plus de 1000 élèves alors que le bâtiment ne semblait pas avoir une telle capacité. Nous avons corrigé ces erreurs après avoir vérifié auprès de sources locales, comme les inspecteurs d'éducation.

- Mise en forme des données

Les données collectées étaient dans des formats très divers : des fichiers Excel pour les listes d'écoles, des Shapefiles pour les limites administratives, et des GeoJSON pour le réseau routier. Il était donc nécessaire de les harmoniser pour pouvoir les utiliser ensemble dans les outils d'analyse spatiale.

Nous avons converti les fichiers Excel contenant les informations des écoles en formats CSV pour faciliter leur importation dans la base de données. Pour les données géographiques, nous avons converti certains Shapefiles en GeoJSON, afin de pouvoir les manipuler directement dans des outils comme QGIS et Leaflet.

- **Nettoyage des doublons**

Il est assez fréquent que des doublons apparaissent dans des bases de données collectées auprès de différentes sources.

Nous avons utilisé un processus de recherche de doublons basé sur des critères comme le nom de l'école et sa localisation géographique. Les doublons identifiés ont été supprimés ou fusionnés, en conservant les informations les plus complètes et fiables.

- **Transformation des données géographiques**

Les données géographiques étaient particulièrement importantes pour notre projet, car elles nous ont permis d'analyser la répartition spatiale des écoles et leur accessibilité. Cependant, certaines coordonnées géographiques étaient incorrectes ou imprécises.

Nous avons validé ces coordonnées en utilisant des services de géocodage comme Google Maps API, afin de nous assurer que chaque école était correctement localisée. Dans certains cas, nous avons également ajusté les points sur la carte pour qu'ils correspondent mieux à la réalité géographique.

En suivant ces différentes étapes de prétraitement, nous avons réussi à préparer des données de qualité qui nous permettront d'effectuer une analyse précise et fiable des infrastructures éducatives dans la ville de Thiès.

4.3 Analyse spatiale des infrastructures éducatives

L'analyse spatiale des infrastructures éducatives joue un rôle fondamental dans la compréhension de la répartition de ces structures dans la ville de Thiès. Elle permet non seulement de visualiser la distribution géographique des écoles, mais aussi d'évaluer leur accessibilité pour les populations résidentes dans les différents quartiers de la ville. Cette analyse nous aide à repérer les zones bien desservies et celles qui présentent des lacunes en matière d'infrastructures scolaires, dans le but de proposer des solutions pour améliorer l'accès à l'éducation pour tous.

4.3.1 Accessibilité aux infrastructures éducatives

L'accessibilité aux infrastructures éducatives est une dimension clé dans l'évaluation de l'équité éducative et de la répartition des ressources. Elle concerne la disponibilité des écoles en fonction de la localisation géographique des populations, leur capacité d'accueil et les moyens mis en œuvre pour réduire les disparités d'accès.

4.3.2.1 Accessibilité aux écoles primaires

Les écoles primaires sont généralement les infrastructures éducatives les plus répandues dans une zone urbaine ou rurale, car elles accueillent les enfants dès leur plus jeune âge

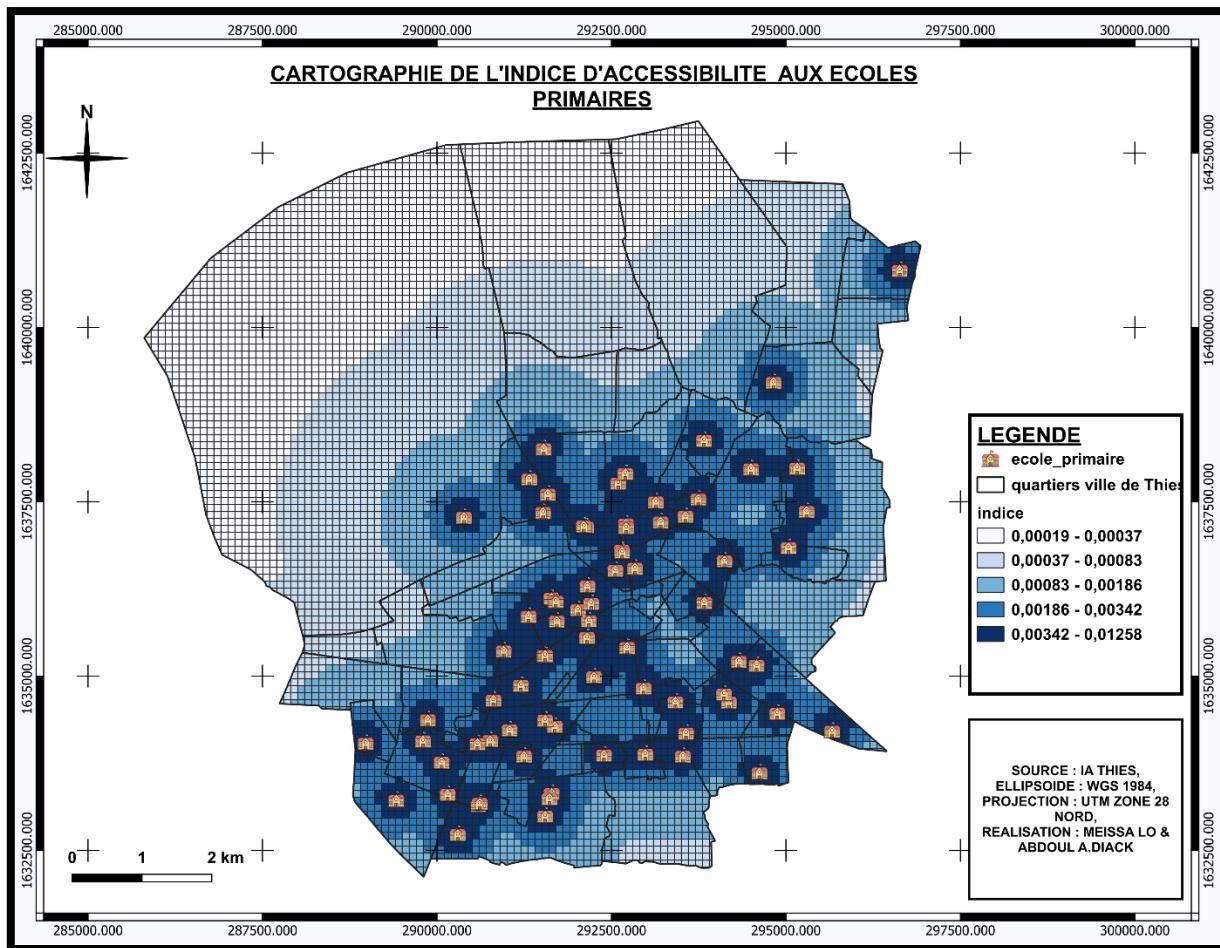


Figure 13 : carte d'accès aux écoles primaires

Les zones avec un indice d'accès élevé représentent les quartiers où les écoles primaires sont facilement accessibles. Cela peut être dû à une densité plus importante d'écoles ou à une proximité géographique optimale.

Les zones avec un indice d'accès faible entraînent une difficulté d'accès, souvent liées à une faible densité d'écoles ou à une distance importante entre les infrastructures et les populations.

Les indices les plus élevés se situent généralement dans les quartiers centraux de la ville, où les écoles primaires sont plus nombreuses.

Les zones périphériques de Thiès Nord et un peu sur Thiès Ouest et Thiès Est présentent des indices faibles, ce qui reflète un besoin de renforcement en infrastructures éducatives.

Les disparités observées mettent en lumière une concentration des écoles dans les zones à forte densité de population. Cela favorise les habitants des zones urbaines tout en défavorisant ceux des zones périphériques.

Ces zones sous-desservies ont nécessité des efforts pour réduire les inégalités d'accès.

4.3.2.2 Accessibilité aux écoles moyennes

La carte ci-dessous illustre l'accessibilité aux écoles moyennes :

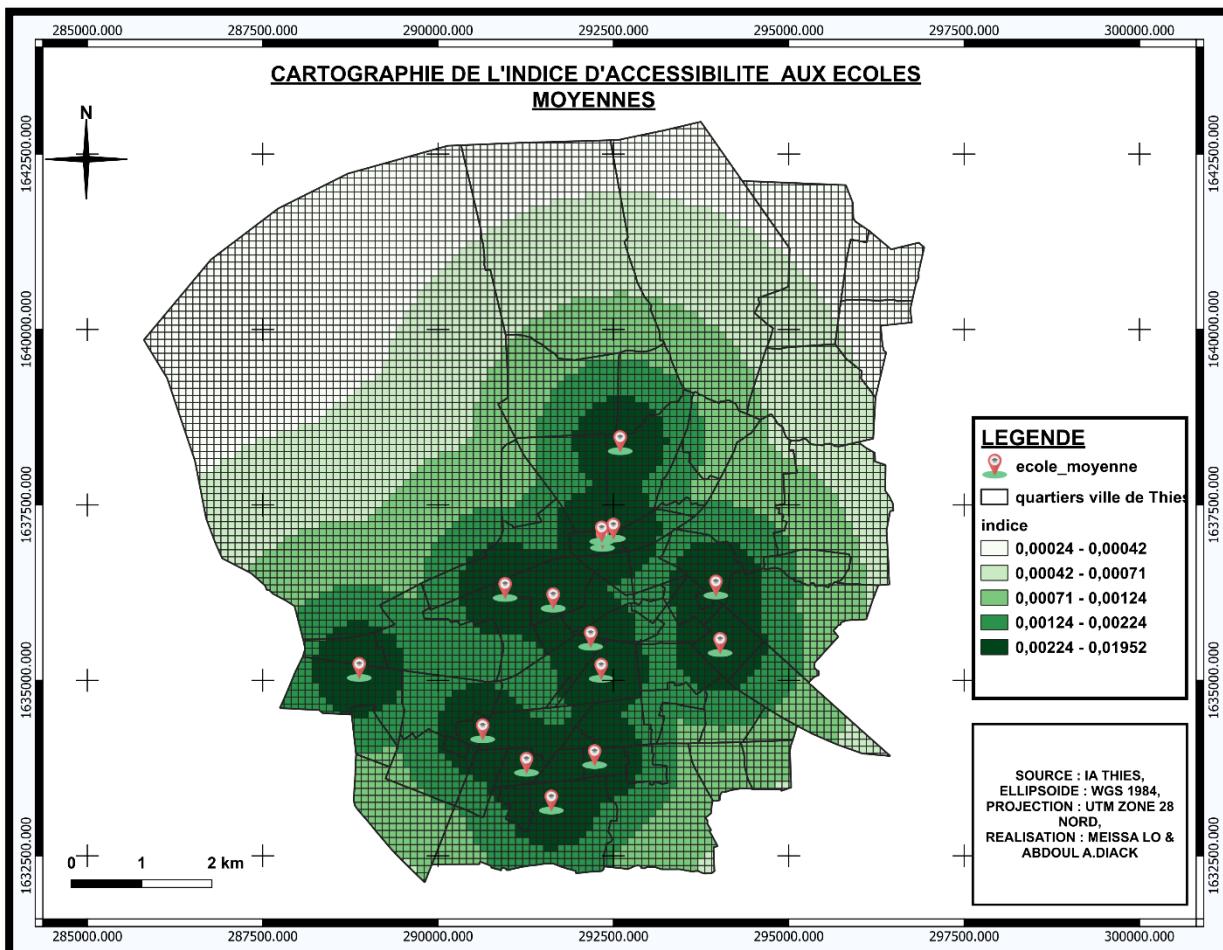


Figure 14 : carte d'accessibilité aux écoles moyennes

La figure ci-dessus illustre que les zones avec un indice d'accessibilité élevé indiquent une proximité immédiate aux écoles moyennes ou une bonne couverture de ces infrastructures dans les environs.

Les indices faibles signalent des zones où l'accès est limité, souvent associé à une faible densité ou à une distance importante entre les écoles moyennes et les populations concernées.

Les quartiers proches des centres urbains (Thiès Est et Thiès Ouest) affichent des indices élevés, traduisant une meilleure couverture éducative pour les collèges.

Les zones périphériques de Thiès Nord et certaines parties de Thiès Ouest sont moins bien couvertes, ce qui peut constituer un obstacle pour les élèves issus de ces localités.

Les quartiers proches des centres urbains (Thiès Est et Thiès Ouest) affichent des indices élevés, traduisant une meilleure couverture éducative pour les collèges.

Les zones périphériques de Thiès Nord et certaines parties de Thiès Ouest sont moins bien couvertes, ce qui peut constituer un obstacle pour les élèves issus de ces localités. La figure ci-dessous donne les proportions des populations accessibles aux écoles moyennes en fonction de la distance.

4.3.2.3 Accessibilité aux écoles secondaires

Les indices d'accessibilité permettent de mettre en évidence les zones où les populations bénéficient d'un accès facilité ou, au contraire, restreint aux écoles secondaires (lycées).

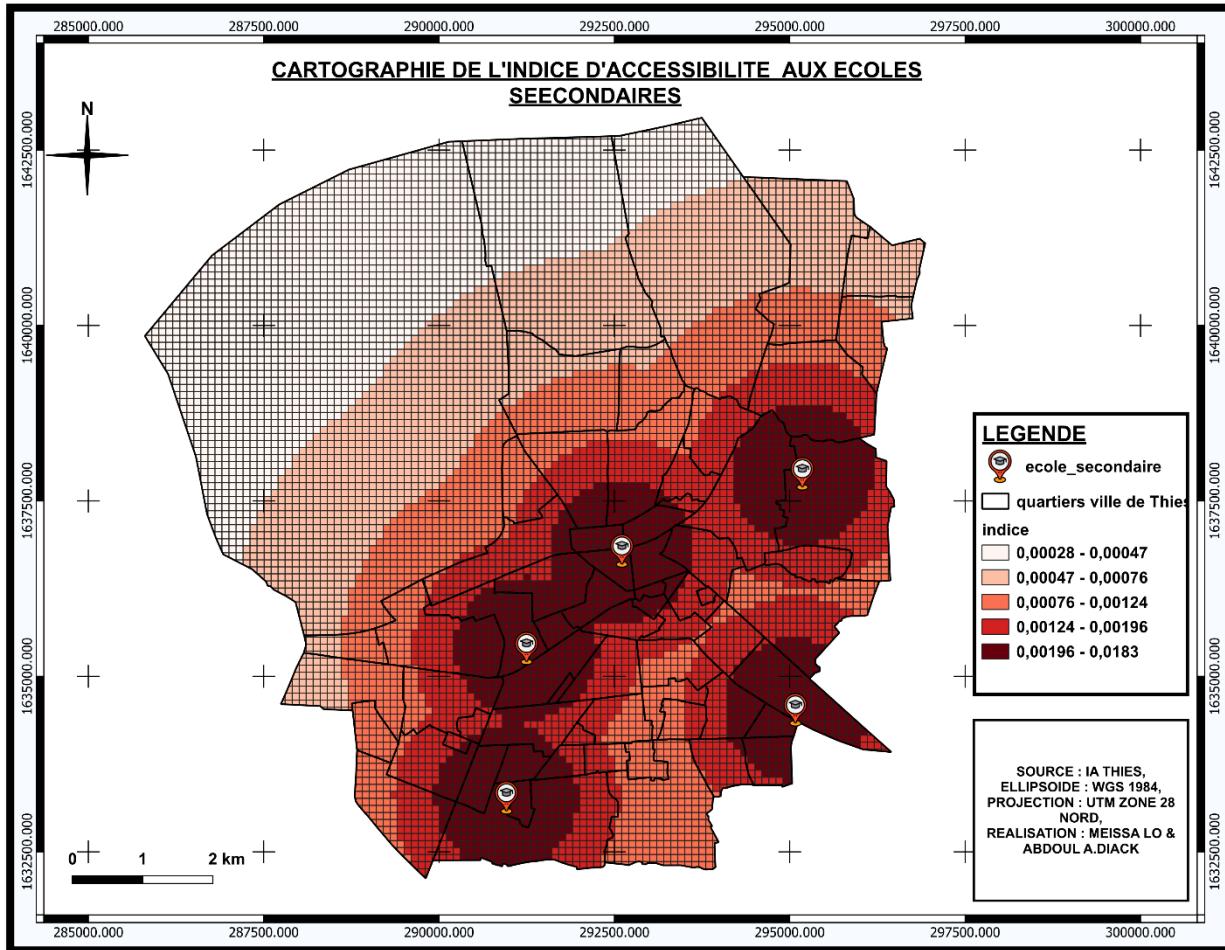


Figure 15 : carte d'accessibilité aux écoles secondaires

La carte d'accessibilité révèle que les écoles secondaires sont réparties de manière inégale dans la ville de thies, ce qui entraîne des disparités dans l'accès. Les indices les plus élevés sont observés autour des écoles secondaires elles-mêmes, qui se situent principalement dans les zones urbaines et denses. Les quartiers situés dans le centre urbain, notamment Thiès Est, bénéficient d'une couverture optimale, notamment les contraintes de déplacement pour les élèves. Les zones périphériques, notamment dans Thiès Nord et certaines parties de Thiès Ouest, présentent des indices faibles en raison de l'éloignement des lycées.

Les populations dans ces localités doivent parcourir des distances importantes, ce qui représente une contrainte majeure, en particulier pour les familles à faibles revenus.

4.3.1.1 Accessibilité globale aux infrastructures éducatives

L'accessibilité globale aux infrastructures éducatives résulte de la somme des indices pondérés d'accessibilité aux écoles primaires, moyennes et secondaires. Cette approche permet d'obtenir une vision synthétique du niveau d'accessibilité à l'éducation sur l'ensemble du territoire étudié. La figure ci-dessous illustre la cartographie de l'accessibilité globale :

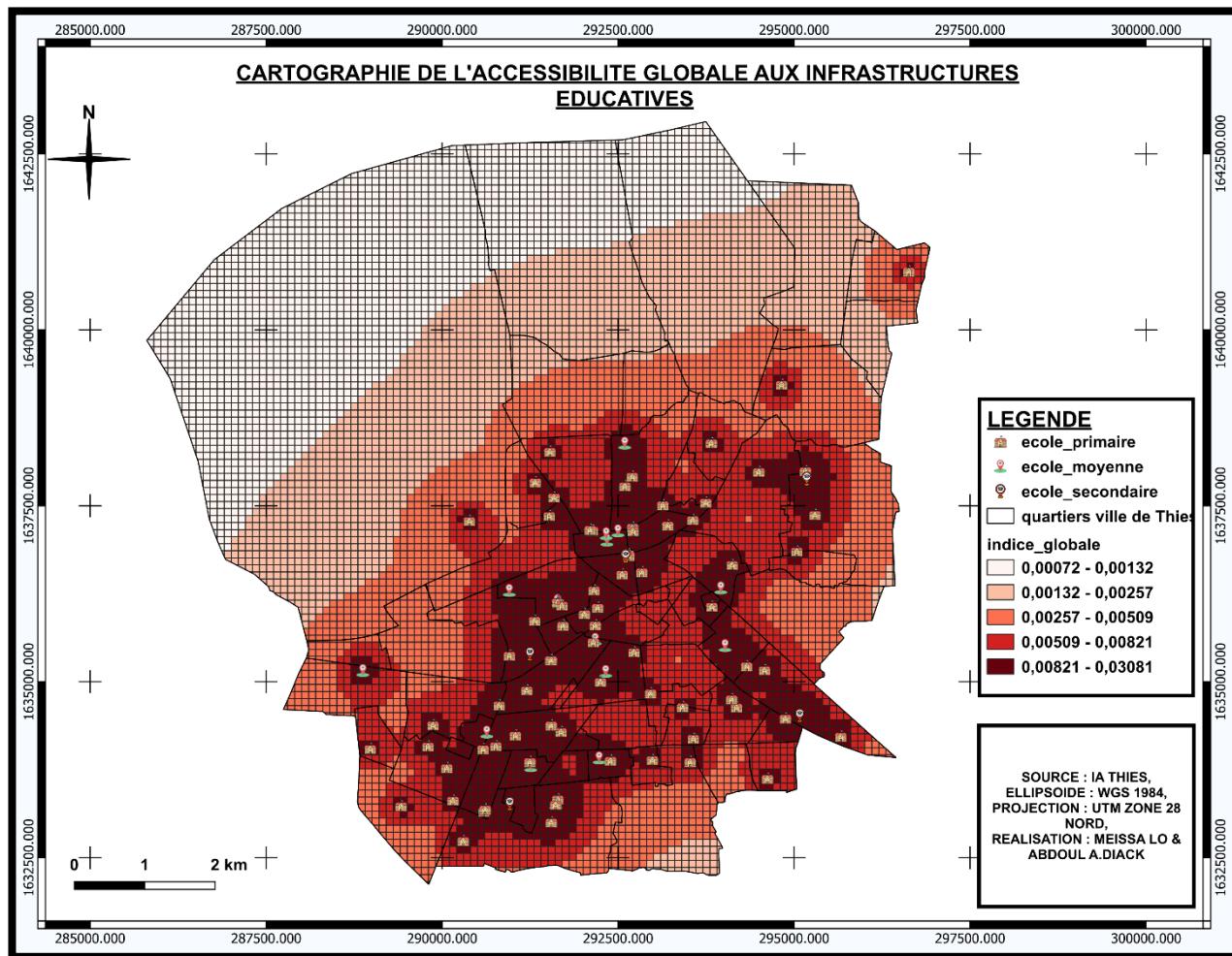


Figure 16 : carte d'accessibilité globale aux infrastructures éducatives

La figure 16 montre une distribution spatiale hétérogène des opportunités d'accès à l'éducation. Plusieurs tendances se dégagent :

Les zones à accessibilité élevée sont souvent situées dans les centres urbains et les quartiers bien desservis, bénéficiant d'une densité élevée d'établissements scolaires. L'accès y est facilité par un maillage institutionnel dense, une couverture routière adéquate et une proximité immédiate aux établissements.

Les zones à accessibilité moyenne sont caractérisées par une accessibilité intermédiaire, où les écoles sont présentes mais peuvent être plus éloignées ou en nombre limité par rapport à la population scolaire. L'accessibilité est aussi influencée par les infrastructures de transport et les distances parcourues par les élèves.

Les zones à faible accessibilité concernent des espaces les plus vulnérables, situés généralement en périphérie urbaine. La faible densité d'établissements scolaires oblige les élèves à parcourir de longues distances, ce qui constitue un frein à la scolarisation. Elles sont souvent situées dans les centres urbains et les quartiers bien desservis, bénéficiant d'une densité élevée d'établissements scolaires. L'accès y est facilité par un maillage institutionnel dense, une couverture routière adéquate et une proximité immédiate aux établissements.

L'analyse met en évidence plusieurs défis majeurs :

- Inégalités spatiales d'accès à l'éducation : L'accessibilité n'est pas uniforme, ce qui pourrait entraîner un déséquilibre dans la fréquentation scolaire et accentuer les disparités éducatives entre zones urbaines et rurales.
- Impact sur la fréquentation scolaire : Les zones à faible accessibilité sont souvent sujettes à un taux d'abandon scolaire plus élevé en raison des distances à parcourir et du manque d'infrastructures adaptées.
- Besoins en planification éducative : Les résultats suggèrent un besoin d'optimisation de la localisation des nouvelles infrastructures scolaires. Une approche basée sur les indices d'accessibilité permettrait de prioriser les zones sous-desservies et d'améliorer la couverture éducative.

4.3.2 Analyse de la couverture spatiale

La couverture spatiale des infrastructures éducatives constitue un indicateur clé pour évaluer leur accessibilité et leur équité territoriale. Cette analyse vise à déterminer dans quelle mesure les infrastructures éducatives, réparties selon les trois niveaux (primaire, moyen et secondaire), répondent aux besoins des populations locales. En tenant compte des distances d'accès et des densités de population, l'étude permet de mettre en évidence les zones bien desservies ainsi que celles où des lacunes persistantes. Cette approche contribue à identifier les disparités spatiales et à formuler des recommandations.

4.3.2.1 Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles primaires

La figure ci-dessous illustre la proportion des populations accessible en fonction de la distance :

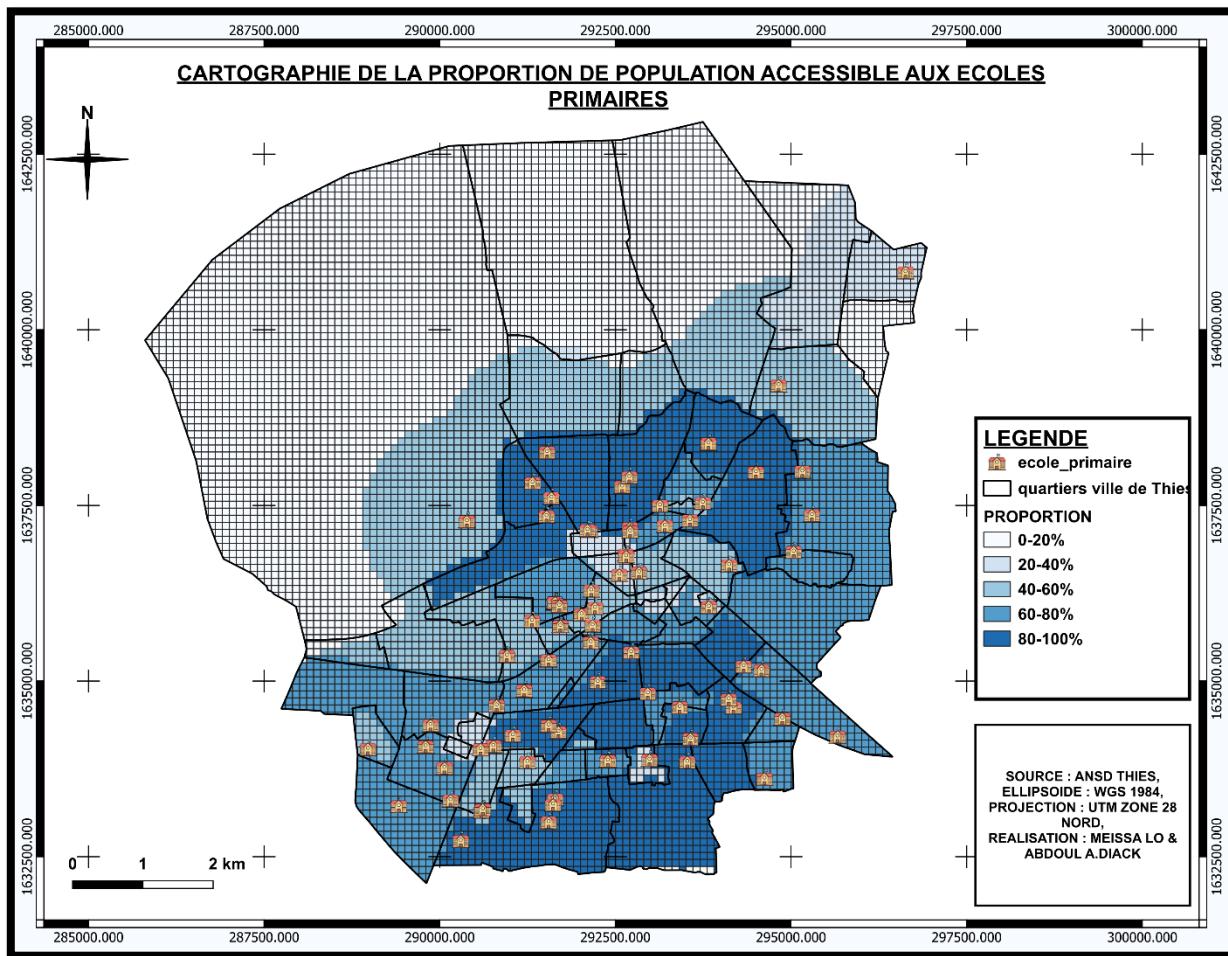


Figure 17 : proportion de la population accessible aux écoles primaires en fonction de la distance

La figure 17 montre que plus de 60 % de la population est accessible à cette distance (500 m). Les écoles primaires sont souvent situées à proximité des quartiers résidentiels.

Cette proximité est essentielle pour les jeunes enfants, qui dépendent fortement de la proximité pour se rendre à l'école.

Une part importante de la population reste couverte. Cette accessibilité reflète une répartition relativement équitable des écoles primaires dans la ville.

Les zones urbaines comme Thiès Est et Thiès Ouest offrent une meilleure couverture que les périphéries.

Peu de zones nécessitent des déplacements supérieurs à 1 km. Toutefois, dans les zones périphériques ou rurales, notamment à Thiès Nord, une faible proportion (moins de 20 %) de la population reste contrainte de parcourir des distances importantes.

4.3.2.2 Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles moyennes

La figure ci-dessous illustre la proportion des populations accessible en fonction de la distance :

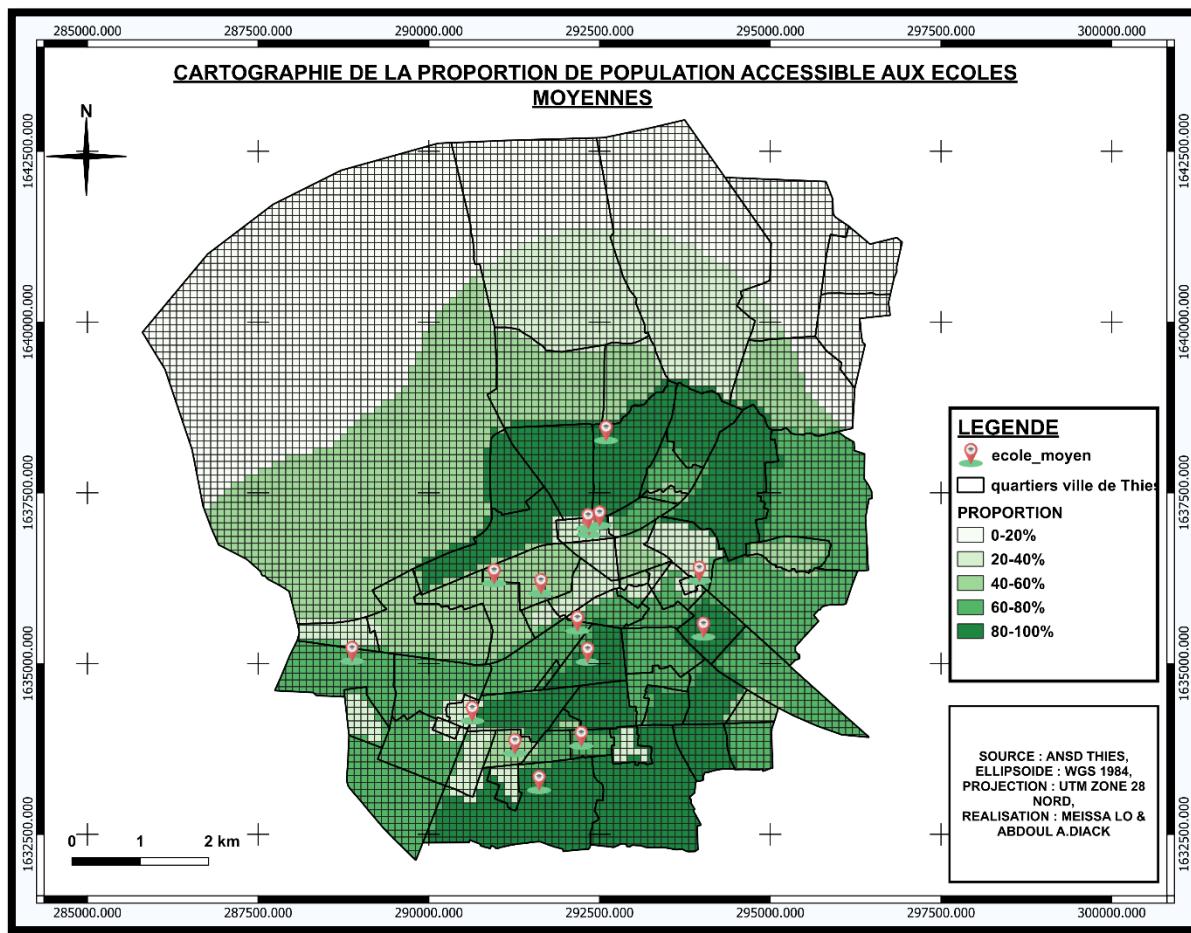


Figure 18 : proportion de la population accessible aux écoles moyennes en fonction de la distance

La figure 18 montre qu'une proportion modérée de la population (40 % à 80 %) à accès aux collèges dans cette tranche de distance (1 à 3 km). Contrairement aux écoles primaires, les collèges sont moins nombreux et souvent concentrés dans des zones centrales.

Les élèves des quartiers de Thiès Est bénéficient d'un bon accès à ces distances.

Une partie importante de la population reste couverte à cette distance, en particulier dans les zones urbaines. Cette tranche de distance est acceptable pour des élèves de niveau moyen, mais elle reste un obstacle pour certains ménages à faibles revenus.

Une proportion notable de la population (moins de 40 %), notamment dans les zones périphériques de Thiès Nord et certaines parties de Thiès Ouest, doit parcourir des distances importantes. Cela souligne le besoin de solutions pour améliorer l'accessibilité dans ces localités.

4.3.2.3 Couverture spatiale de la population par zone pour les écoles secondaires

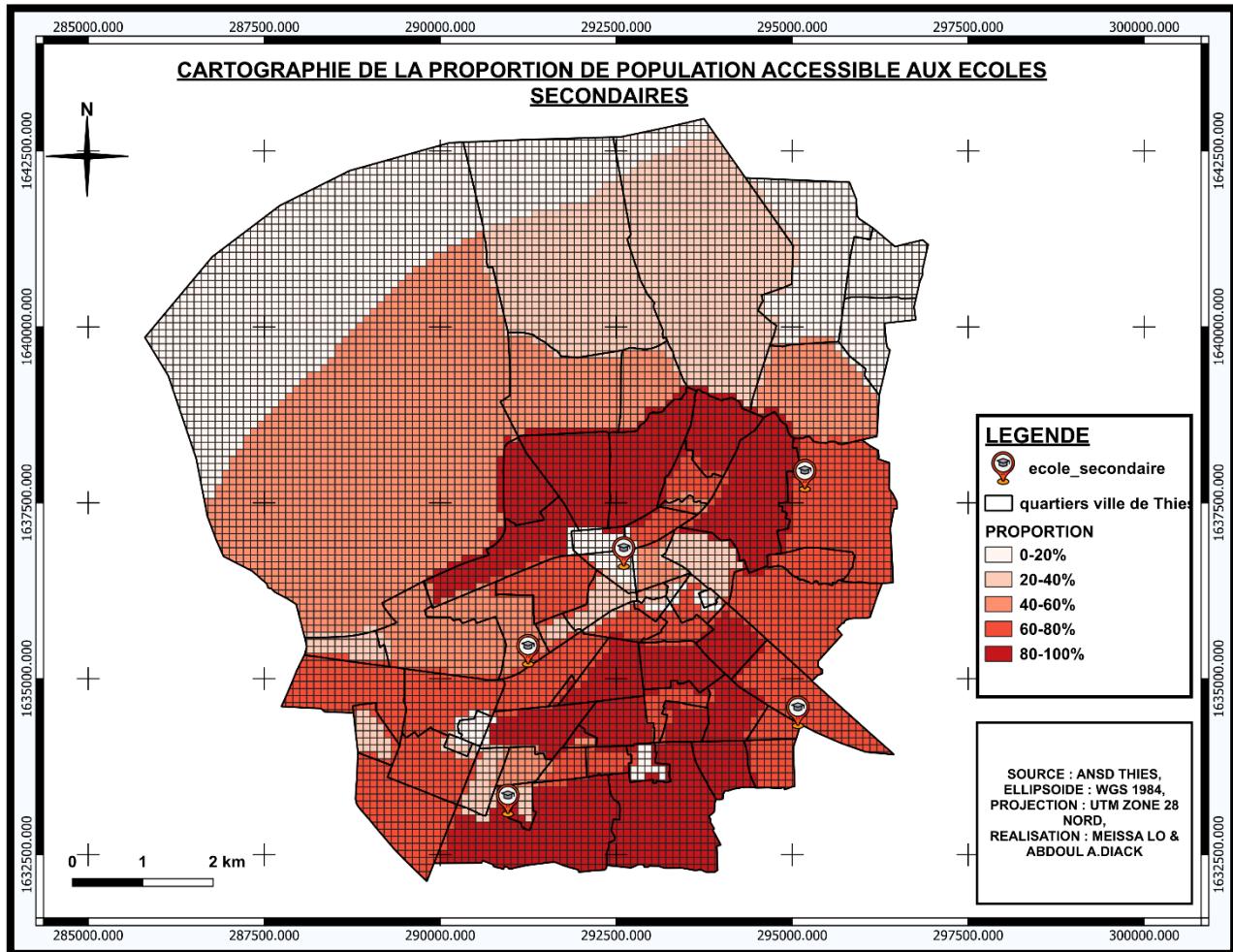


Figure 19 : proportion de la population accessible aux écoles secondaires en fonction de la distance.

La figure 19 montre qu'une proportion limitée (40 à 80 %) de la population bénéficie de cette accessibilité, principalement concentrée dans les quartiers urbains. Thiès Est et certaines parties de Thiès Nord notamment dans les quartiers comme Medina Fall où la population est assez importante affichent des proportions élevées.

La faible densité des lycées entraîne une couverture moindre à ces distances.

Une partie importante de la population est accessible à ces distances, bien que le déplacement soit plus exigeant. Les lycées sont majoritairement centralisés, ce qui oblige les élèves des zones périphériques à parcourir des distances dans cette tranche.

Une proportion significative de la population, notamment dans les zones périphériques de Thiès Nord, est située au-delà de cette distance (5 km). Cela constitue un obstacle majeur pour l'accès au secondaire et renforce les inégalités.

4.3.2.4 Analyse et interprétation des rapports élèves/enseignant

Les ratios élèves/enseignant sont calculés en divisant le nombre total d'élèves inscrits dans un établissement par le nombre d'enseignants. Ce ratio permet d'évaluer la charge pédagogique des enseignants et de mesurer la qualité des conditions d'apprentissage. Voici une analyse détaillée pour chaque niveau d'enseignement dans la ville de Thiès.

■ Au niveau primaire

Au Sénégal, le ratio élèves/enseignant au niveau primaire est réglementé pour assurer un enseignement de qualité. Selon les normes de l'éducation nationale du pays, le ratio optimal est généralement de 40 élèves par enseignant, mais il peut être plus flexible selon les zones. Dans les zones rurales, les ratios peuvent être légèrement plus faibles pour permettre un suivi plus personnalisé des élèves.

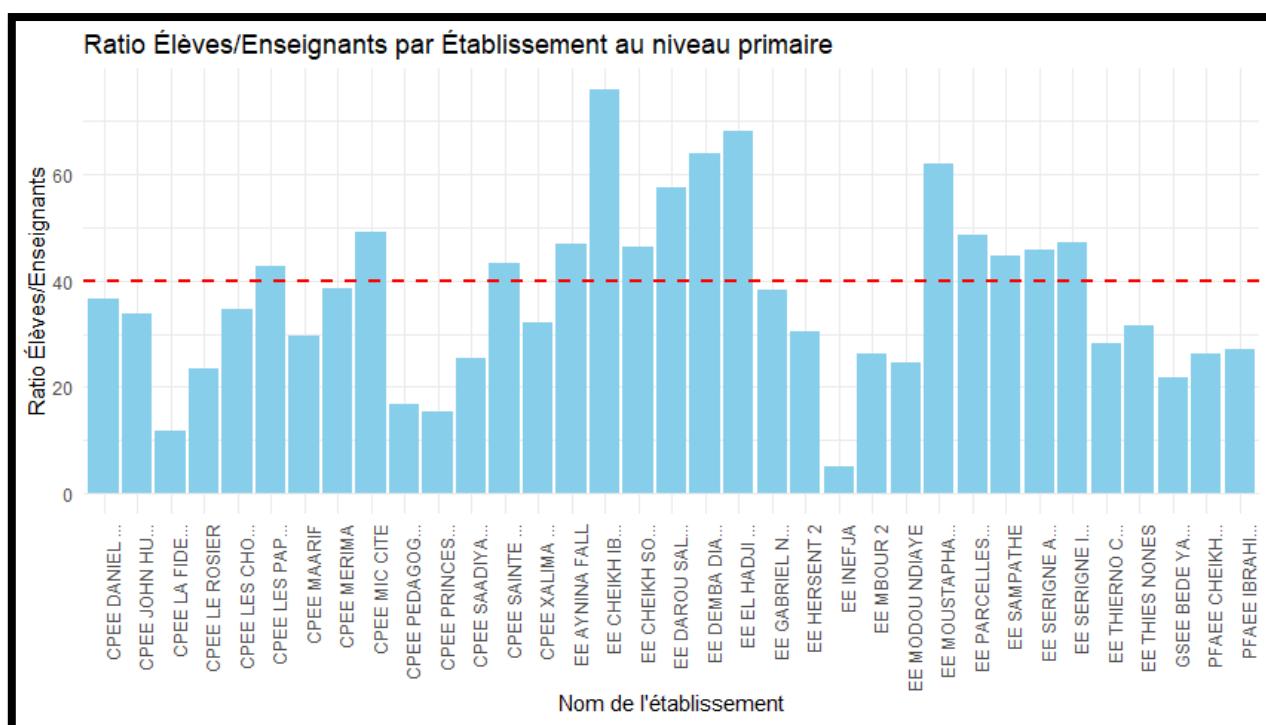


Figure 20 : rapport élèves/enseignant au niveau des écoles primaires

La figure 20 montre que :

Si un établissement a un ratio d'élèves par enseignant supérieur à 40, cela pourrait indiquer que les classes sont trop grandes par rapport au nombre d'enseignants. Cela peut poser des problèmes en termes de qualité d'enseignement, car l'enseignant pourrait avoir des difficultés à gérer un trop grand nombre d'élèves.

Un ratio égal à 40 indique que l'établissement se situe à la limite de ce seuil. Ce ratio peut être considéré comme un bon compromis, mais il reste à surveiller pour s'assurer que les conditions d'enseignement ne se dégradent pas.

Si le ratio est inférieur à 40, l'établissement respecte mieux la norme et offre de meilleures conditions d'enseignement avec moins d'élèves par enseignant. Cela peut favoriser une attention plus individualisée pour les élèves et une gestion plus efficace des classes.

- **Au niveau moyen**

Pour le niveau moyen (collèges), les normes sont aussi spécifiques. Le ratio recommandé est généralement de 35 élèves par enseignant, mais cela peut varier en fonction des ressources disponibles et de la densité de la population scolaire dans chaque zone. Les classes de plus de 40 élèves sont jugées trop chargées et nécessitent des ajustements.

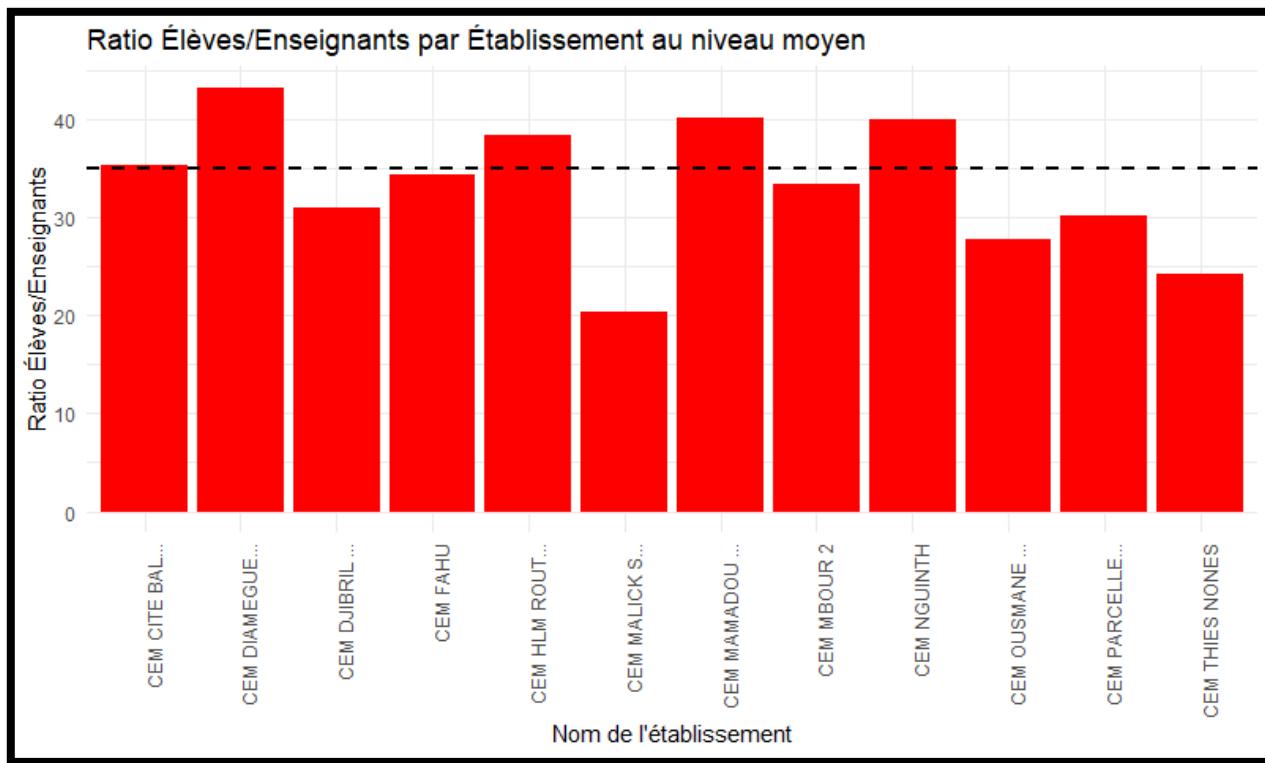


Figure 21 : rapport élèves/enseignant au niveau des écoles moyennes

La figure 21 montre que :

Si un établissement a un ratio supérieur à 35 élèves par enseignant, cela peut signaler une surcharge de travail pour les enseignants. Des classes trop grandes peuvent nuire à la qualité des interactions entre les enseignants et les élèves, affectant ainsi l'efficacité de l'apprentissage.

Un ratio égal à 35 est un seuil acceptable. Cela indique que l'établissement est dans une zone optimale, mais il est important de ne pas dépasser ce seuil pour éviter de créer un environnement d'enseignement moins propice.

Si le ratio est inférieur à 35, cela indique que l'établissement dispose des conditions plus favorables, avec une gestion plus facile de la classe. Cela peut entraîner une meilleure qualité d'enseignement et des interactions plus constructives entre enseignants et élèves.

▪ Au niveau secondaire

Le ratio recommandé pour le niveau secondaire (lycées) varie également selon les établissements, mais le ratio optimal est de 28 élèves par enseignant. Un rapport plus élevé peut entraîner des difficultés dans l'enseignement, surtout dans les matières spécialisées qui nécessitent une attention plus particulière.

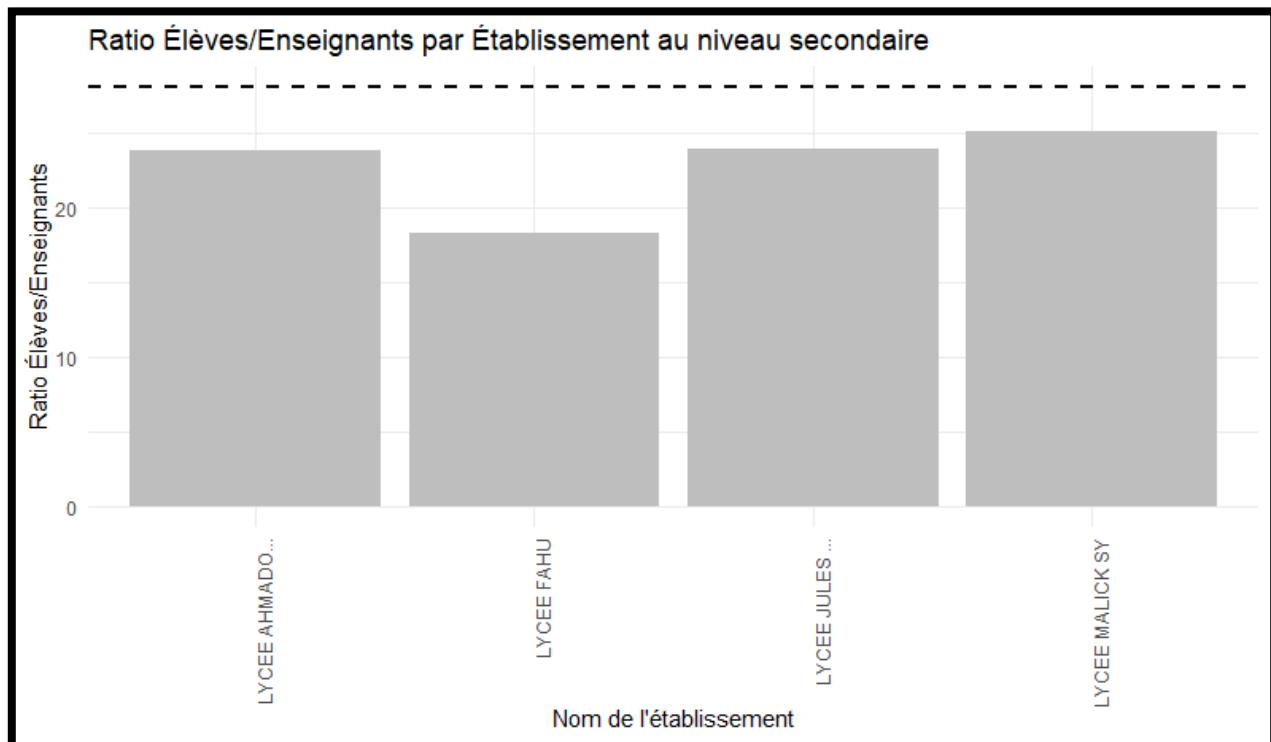


Figure 22 : rapport élèves/enseignant au niveau des écoles secondaires

La figure 22 montre que :

Un ratio d'élèves par enseignant supérieur à 28 dans le secondaire est préoccupant. Les classes trop grandes peuvent rendre difficile l'adaptation aux besoins individuels des élèves. De plus, cela peut entraîner un manque de supervision et un environnement de travail moins efficace pour les enseignants.

Un ratio égal à 28 est encore acceptable, mais il est important de rester vigilant et de chercher à maintenir ce seuil pour garantir des conditions d'enseignement optimales.

Si le ratio est inférieur à 28, cela signifie que l'établissement offre de bonnes conditions d'enseignement avec une gestion plus aisée des élèves. L'enseignant peut plus facilement répondre aux besoins des élèves, ce qui est favorable à un apprentissage de qualité.

4.3.2.4.1 ratios élèves/SDC

L'efficacité de l'enseignement dépend en grande partie du nombre d'élèves par salle de classe, un indicateur clé permettant d'évaluer la capacité des infrastructures scolaires à répondre aux besoins

pédagogiques. Un ratio élèves/salle de classe élevé peut entraîner une surcharge des salles, affectant ainsi la qualité de l'apprentissage et le confort des élèves. À l'inverse, un ratio trop faible peut indiquer une sous-utilisation des infrastructures existantes.

Dans cette section, nous analysons les ratios élèves/salles de classe pour les trois niveaux d'enseignement (primaire, moyen et secondaire) et les comparons aux seuils recommandés :

- Primaire : 45 élèves par salle
- Moyen : 40 élèves par salle
- Secondaire : 35 élèves par salle

La figure ci-dessus illustre cette partie :

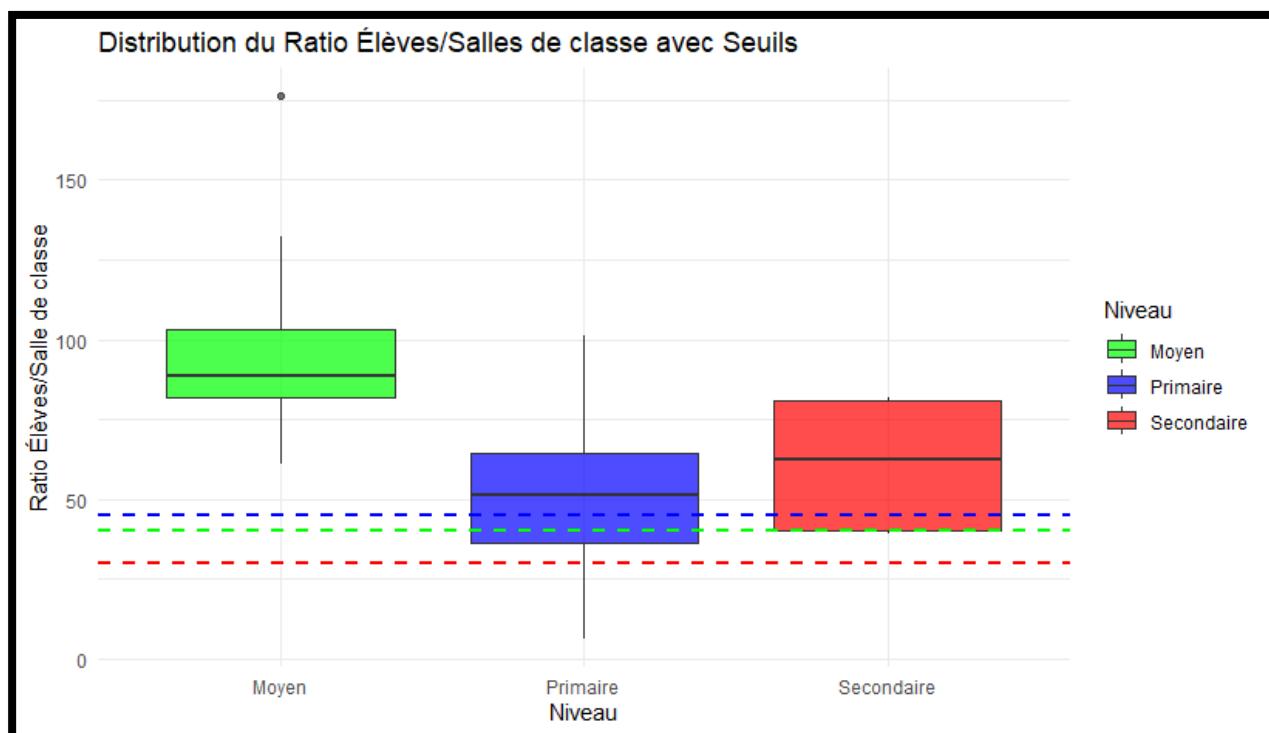


Figure 23 : box plot des rapports élèves/salle de classe pour chaque niveau

Le boxplot représente la distribution du ratio élèves/salles de classe pour les trois niveaux d'enseignement (Moyen, Primaire et Secondaire), avec les seuils correspondants affichés sous forme de lignes pointillées :

- Vert (40 élèves/salle pour le Moyen)
- Bleu (45 élèves/salle pour le Primaire)
- Rouge (35 élèves/salle pour le Secondaire)

➤ Niveau primaire

La médiane est légèrement au-dessus du seuil (environ 50 élèves/salle) on note une surcharge modérée. L'étendue de la boîte est importante, avec certaines écoles ayant un ratio relativement bas (30) et d'autres très au-dessus de 70 élèves/salle on peut dire qu'il y a inégalités dans la répartition des élèves. Plusieurs établissements respectent le seuil, mais beaucoup le dépassent.

Bien que la surcharge soit moins dramatique, plusieurs établissements dépassent les 45 élèves/salle, ce qui peut impacter la qualité de l'apprentissage. Des ajustements sont nécessaires, notamment dans la répartition des élèves.

➤ Niveau moyen

La médiane est bien au-dessus du seuil cela indique une forte surcharge et l'étendue est importante cela inclut aussi une forte inégalité entre établissements. On note aussi la présence de valeurs extrêmes c'est-à-dire que certaines écoles sont extrêmement surchargées. Aucune école en dessous du seuil donc tous les établissements dépassent largement la capacité idéale.

Le niveau moyen souffre d'un manque criant d'infrastructures, avec des salles de classe largement surchargées. Il est urgent d'augmenter le nombre de salles ou de mieux répartir les élèves.

➤ Au niveau secondaire

La médiane est bien au-dessus du seuil (environ 60-70 élèves/salle) ce qui implique que la surcharge importante. L'étendue de la boîte est large, allant de valeurs proches du seuil à des niveaux largement au-dessus ce qui permet de souligner une forte hétérogénéité entre les établissements et presque aucun établissement ne respecte le seuil.

Le secondaire est confronté à une surcharge similaire au niveau moyen. L'ajout de salles ou la création de nouveaux établissements est indispensable.

- ✓ Le niveau moyen est le plus touché par la surcharge, avec des ratios deux fois supérieurs au seuil.
- ✓ Le secondaire souffre aussi d'une surcharge importante, avec une majorité des établissements bien au-dessus des 35 élèves/salle.
- ✓ Le primaire est le moins critique, bien que des surcharges existent pour certaines écoles.

La situation globale montre un déficit en infrastructures scolaires, nécessitant une intervention pour garantir un meilleur environnement d'apprentissage.

Ce chapitre a permis de réaliser une analyse approfondie des données relatives aux infrastructures éducatives, en se concentrant sur plusieurs aspects clés, tels que l'accessibilité géographique, la couverture spatiale, et les rapports élèves/enseignants et élèves/SDC. L'objectif principal était d'évaluer la répartition des infrastructures éducatives et leur adéquation avec les besoins de la population scolaire.

L'analyse de l'**accessibilité** aux écoles primaires, moyennes et secondaires a révélé des disparités importantes entre les différentes zones. Si l'accessibilité globale semble relativement bonne dans certaines régions, elle reste insuffisante dans d'autres, notamment en raison de la distance géographique et du manque d'infrastructures adaptées. Cette situation nécessite des ajustements pour garantir un accès équitable à l'éducation pour tous, en particulier dans les zones rurales ou éloignées.

Concernant la couverture spatiale, il est apparu que, bien que certaines zones soient bien desservies par les infrastructures éducatives, d'autres souffrent d'une couverture insuffisante. Les analyses par niveau d'enseignement ont mis en évidence des écarts dans la répartition des établissements scolaires, impactant ainsi l'accessibilité pour une partie de la population. Les résultats suggèrent qu'une meilleure planification des infrastructures est nécessaire pour améliorer la couverture dans les zones défavorisées.

L'examen des ratios élèves/enseignant et élèves/SDC a permis de souligner des écarts notables dans la gestion des effectifs. Bien que la médiane des ratios élèves/enseignant reste en dessous du seuil recommandé, plusieurs établissements connaissent une surcharge, ce qui peut affecter la qualité de l'enseignement. Ces inégalités dans la répartition des élèves et des enseignants nécessitent des réajustements dans la gestion des ressources humaines et matérielles pour garantir des conditions d'apprentissage optimales.

En conclusion, l'analyse des données met en lumière des défis importants pour assurer une répartition équitable des infrastructures éducatives et des ressources humaines. Il est essentiel de poursuivre les efforts pour améliorer l'accessibilité, la couverture spatiale et l'égalité dans la gestion des effectifs, afin de garantir un environnement d'apprentissage de qualité pour tous les élèves, indépendamment de leur localisation géographique.

CHAPITRE 5 : CREATION DU SITE WEB (GEOPORTAIL)...

- 5.1 Introduction à la création du géoportail.....
- 5.2 Choix des technologies utilisées.....
- 5.3 Architecture du système.....
- 5.4 Développement de la partie cartographique.....
 - 5.4.1 Rubriques cartographiques.....
 - 5.4.2 Cas de la localisation des infrastructures les plus proches de la position d'un utilisateur donné.....

5.1 Introduction à la création du géoportail

La création du géoportail web représente une réponse à la nécessité de centraliser et de rendre accessibles les informations géospatiales liées aux infrastructures éducatives. Ce géoportail permet aux utilisateurs d'accéder à des cartes interactives où sont affichées des informations précieuses, telles que la localisation des écoles, leur type, et leur accessibilité, en fonction de la position géographique de l'utilisateur. Ce système permet également de faciliter l'accès aux infrastructures éducatives, et potentiellement d'identifier les établissements les plus proches ou encore de planifier des itinéraires vers ces établissements.

Le géoportail offre également la possibilité de mettre à jour les données géospatiales en temps réel, ce qui permet de maintenir un suivi constant des évolutions dans le réseau éducatif.

5.2 Choix des technologies utilisées

Pour la création de ce géoportail, un ensemble de technologies ont été choisies pour assurer la robustesse, la flexibilité et la performance du site web. Ces technologies incluent des langages de programmation, des bibliothèques de cartographie et des systèmes de gestion de base de données.

- Front-end : HTML, CSS et JavaScript (avec l'utilisation de bibliothèques telles que Leaflet.js pour la cartographie interactive et jQuery pour la gestion des requêtes AJAX).
- Back-end : PHP pour la gestion des demandes côté serveur et l'interaction avec la base de données.
- Base de données : PostgreSQL avec l'extension PostGIS pour la gestion des données géospatiales.
- API et AJAX : Pour assurer la communication fluide entre le serveur et le client, notamment pour charger les données sans recharger la page.

Ces technologies permettent d'assurer une interaction fluide avec les utilisateurs tout en garantissant la stabilité et la sécurité du géoportail.

5.3 Architecture du système

L'architecture du géoportail repose sur une structure modulaire. Elle comprend principalement trois couches :

- La couche front-end : Responsable de l'interface utilisateur, elle permet la visualisation des cartes et l'interaction avec les utilisateurs. Cette couche utilise HTML, CSS et JavaScript pour créer une expérience intuitive et réactive.
- La couche back-end : Elle gère le logique métier, le traitement des demandes, et la communication avec la base de données. Cette couche est développée en PHP, permettant de récupérer et de traiter les données avant de les renvoyer au front-end.
- La couche de données géospatiales : Les données géographiques sont stockées dans une base de données PostgreSQL avec l'extension PostGIS.

Cette architecture garantit la séparation des responsabilités et permet une gestion optimale des données, tout en offrant une expérience utilisateur fluide et dynamique.

5.4 Développement de la partie cartographique

Le cœur du géoportail réside dans sa partie cartographique, permettant aux utilisateurs de visualiser et d'interagir avec les informations géospatiales. La mise en place de cette section implique la gestion de diverses fonctionnalités cartographiques et la création d'interfaces permettant d'exploiter ces fonctionnalités de manière intuitive.

➤ Page d'accueil

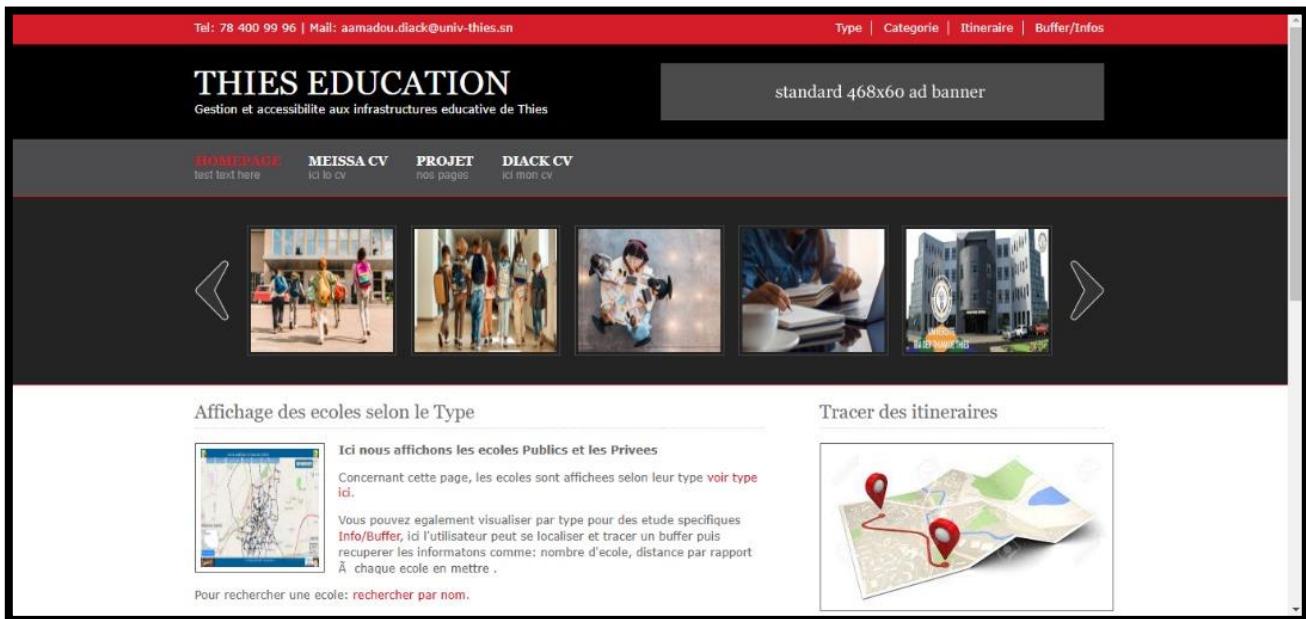


Figure 24 : page d'accueil

Cette page a été conçue à partir de modèles stockés sur le disque, avec la création d'un dossier sur XAMPP où nous avons placé les ressources nécessaires à son fonctionnement, telles que Bootstrap-5.0.2-dist, les images, etc. en cliquant sur un lien une autre s'ouvre selon vos recherches.

➤ Interface cartographique

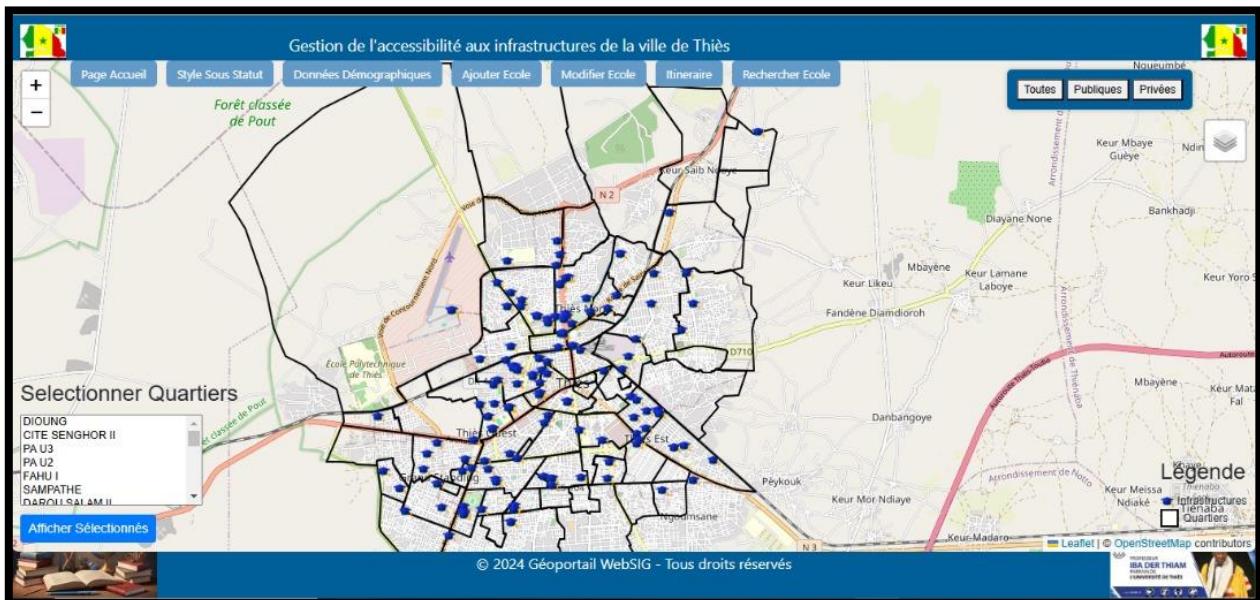


Figure 25 : interface cartographique

Cette interface cartographique inclut des fonctionnalités comme le zoom, la consultation d'informations en cliquant sur les points de la carte (par exemple, des popups avec le nom de l'établissement, le nombre d'élèves, etc.) ou bien même d'extraire les différentes infrastructures au niveau d'un quartier.

5.4.1 Rubriques cartographiques

La section cartographique se divise en plusieurs rubriques qui permettent aux utilisateurs d'explorer différentes couches d'information sur la carte. Chaque rubrique est dédiée à un type d'infrastructure éducative spécifique, comme les écoles primaires, les écoles moyennes, et les écoles secondaires. L'utilisateur peut ainsi activer ou désactiver ces couches pour personnaliser l'affichage de la carte en fonction de ses besoins. Ces rubriques intègrent également des fonctionnalités de zoom, de recherche et de filtrage afin de faciliter la navigation.

5.4.2 Cas de la localisation des infrastructures les plus proches de la position d'un utilisateur donné

En identifiant les infrastructures les plus proches, le système aide les utilisateurs à localiser rapidement un établissement éducatif en fonction de leur position géographique actuelle. Cela est particulièrement utile pour les étudiants cherchant une école ou un établissement proche de leur domicile.

Cette fonctionnalité permet également d'optimiser les trajets. Par exemple, si un utilisateur recherche l'infrastructure éducative la plus proche, le système peut lui fournir l'itinéraire le plus court ou le plus rapide pour y accéder.

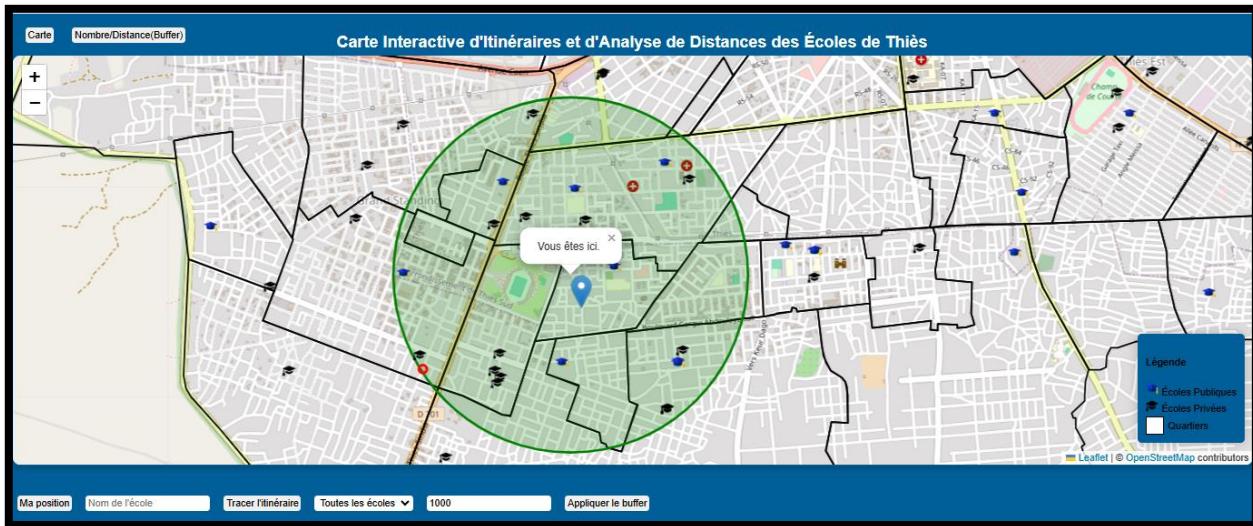


Figure 26 : localisation des infrastructures les plus proches de la position d'un utilisateur selon un buffer

➤ Itinéraires

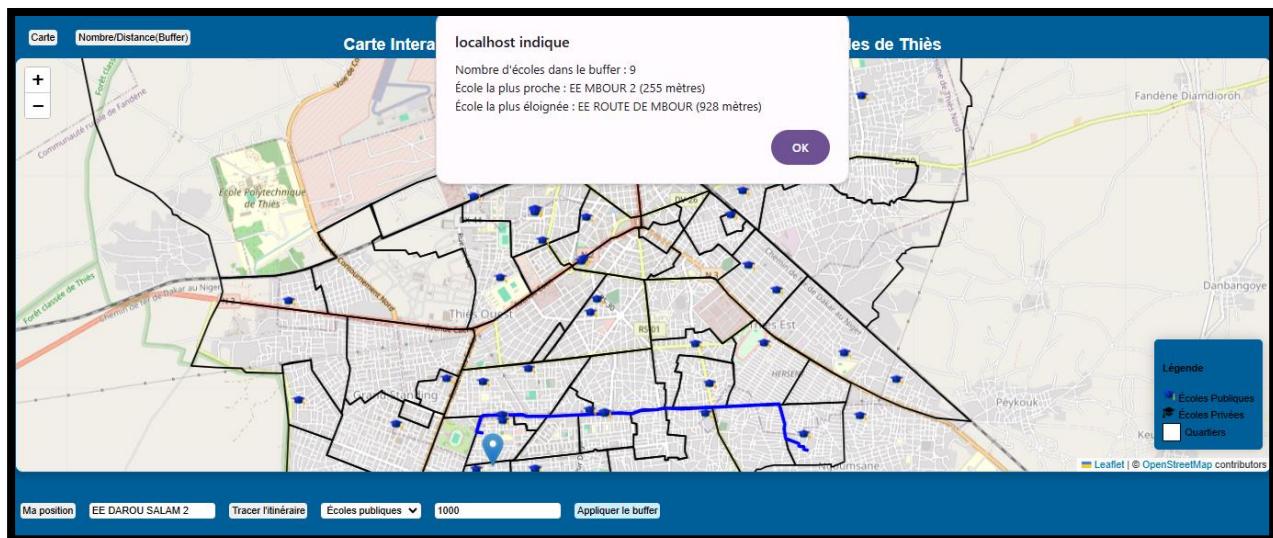


Figure 27 : itinéraire pour accéder à une infrastructure selon la position de l'utilisateur

La Figure 25 représente un itinéraire pour accéder à une infrastructure éducative selon la position géographique actuelle de l'utilisateur. Ce type d'illustration montre visuellement le trajet le plus adapté pour atteindre un établissement donné, en tenant compte de la localisation de l'utilisateur et des différentes options de transport ou de voies possibles.

Ce chapitre a détaillé le processus de création du géoportail web dédié à la gestion et à l'accessibilité des infrastructures éducatives. Nous avons tout d'abord introduit la démarche adoptée pour concevoir cette plateforme, en justifiant les choix technologiques retenus en fonction des besoins du projet. L'architecture du système a ensuite été présentée, mettant en évidence les différentes composantes assurant l'interopérabilité et la fluidité des échanges de données.

Une attention particulière a été portée au développement de la partie cartographique, qui constitue le cœur du géoportail. Nous avons ainsi décrit les rubriques principales, illustrant les fonctionnalités mises en place pour l'affichage et la manipulation des données spatiales. Enfin, nous avons étudié un cas d'usage spécifique : la localisation des infrastructures éducatives les plus proches d'un utilisateur donné, démontrant ainsi l'intérêt du géoportail pour l'aide à la décision et l'optimisation des services.

Grâce aux différentes étapes décrites dans ce chapitre, le géoportail est désormais opérationnel et constitue un outil performant pour la visualisation et l'analyse des infrastructures éducatives. Dans le chapitre suivant, nous aborderons les tests et validations réalisés afin de garantir la robustesse et l'efficacité du système.

Conclusion générale

Ce travail de recherche a permis de répondre aux problématiques soulevées concernant la gestion et l'accessibilité des infrastructures éducatives dans la ville de Thiès. En nous appuyant sur une démarche méthodologique rigoureuse, nous avons pu aborder plusieurs dimensions essentielles : l'analyse du contexte démographique et socio-économique, l'évaluation des besoins en infrastructures, la modélisation des données spatiales, et la mise en œuvre d'un géoportail web interactif.

Dans un premier temps, l'étude a permis de dresser un état des lieux précis des infrastructures éducatives à travers une analyse détaillée de leur répartition géographique, leur accessibilité, ainsi que leur couverture spatiale par rapport à la population. Ces résultats ont mis en lumière des disparités significatives en termes d'accès aux établissements selon les quartiers et ont révélé des zones nécessitant des interventions prioritaires.

Ensuite, la conception et la création d'une base de données géospatiales ont constitué une étape clé pour structurer et centraliser les données nécessaires à l'analyse et au développement du géoportail. L'utilisation de technologies SIG avancées et de langages de programmation adaptés a permis de garantir la fiabilité et la pérennité des données collectées et traitées.

Enfin, la création du géoportail web a permis d'offrir un outil pratique et accessible pour visualiser, analyser, et exploiter les données sur les infrastructures éducatives. En intégrant des fonctionnalités telles que la localisation des établissements les plus proches ou la consultation des ratios élèves/enseignant, cet outil répond non seulement aux besoins des gestionnaires, mais également à ceux des usagers.

Pour maximiser l'impact de ce projet, il serait essentiel d'améliorer les infrastructures éducatives dans les zones identifiées comme prioritaires, en tenant compte des disparités d'accessibilité et de couverture spatiale. De plus, la mise à jour régulière de la base de données s'avère indispensable pour garantir l'exactitude et l'actualité des informations sur les établissements. Afin d'assurer une utilisation optimale du géoportail, il est recommandé de former les gestionnaires à son usage, ce qui renforcerait leur capacité à prendre des décisions éclairées. Enfin, l'évolution future du géoportail pourrait inclure l'intégration de nouvelles données, telles que les résultats académiques ou les budgets des établissements, ainsi que le développement d'une version mobile pour une accessibilité accrue.

En conclusion, ce projet a démontré la pertinence des outils SIG et des géoportails dans la gestion des infrastructures éducatives. Ces technologies permettent de prendre des décisions éclairées et de planifier de manière efficace des interventions adaptées aux besoins réels des populations. Il s'agit d'une avancée significative dans le domaine de la gestion territoriale, qui pourrait servir de modèle pour d'autres secteurs ou régions.

Références bibliographiques et webographies

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). (2023). *Rapport annuel sur la démographie au Sénégal*. Dakar, Sénégal.

UNICEF. (2021). *L'éducation au Sénégal : Rapport annuel*. Dakar, Sénégal : Bureau régional de l'UNICEF.

PostgreSQL. (2024). *Documentation PostgreSQL 15*. PostgreSQL Global Development Group.

LeafletJS. (2025). *A JavaScript library for interactive maps*. Disponible sur <https://leafletjs.com>.

UNESCO Sénégal. (2024). *Soutenir l'éducation au Sénégal : Initiatives et résultats*. Consulté le 5 janvier 2025, depuis <https://www.unesco.org/fr/dakar>.

https://www.memoireonline.com/02/22/12643/m_Mise-en-place-d'une-application-websig-pour-la-gestion-de-la-regularisation-fonciere-de-la-ville5.html

<https://www.geoseneegal.gouv.sn/-base-de-donnees-geographiques-.html>

<https://www.education.sn/>

Annexe

1.1 Annexe ratio élèves/enseignant

```
library(tidyverse)
library(sf)
data <- st_read("C:/Users/HP/Desktop/L3GMT/PFC/IA/nouveau/ess_my.shp") # Si
shapefile
data

# Ajouter les colonnes de ratios
data <- data %>%
  mutate(
    Ratio_Eleve_Enseignant = TOTAL_GF_s / moyen_NB_S, # Vérifiez que ces
colonnes existent
    moyen_NOM_ = str_trunc(moyen_NOM_, width = 15, side = "right") # Couper les noms à 15 caractères
  ) %>%
  drop_na(Ratio_Eleve_Enseignant, moyen_NOM_) # Supprimer les valeurs
manquantes
```

```
# Barplot pour élèves/enseignants
ggplot(data, aes(x = moyen_NOM_ , y = Ratio_Eleve_Enseignant, fill =
OBJECTID)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge", fill = "red") +
  labs(
    title = "Ratio eleve/sdc par ecole au niveau moyen",
    x = "nom etablissement",
    y = "Ratio Élèves/sdc"
  ) +
  theme_minimal() +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2")+
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 90, hjust = 1))
```

1.2 Annexe code html

```
<!DOCTYPE html>
```

```

<html lang="fr">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <title>Carte des Écoles</title>
    <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet/dist/leaflet.css" />
    <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet-control-layers-
minimap/dist/leaflet-minimap.css" />
    <style>
        /* Couleur de fond pour la page entière */
body {
    background-color:#005f99; /* Choisissez la couleur de votre choix */
    margin: 0; /* Retire les marges par défaut */
    font-family: Arial, sans-serif; /* Ajoute une police lisible */
}
#map { height: 550px;}
#legend { background-color: white; padding: 10px; position: absolute;
bottom: 10px; right: 10px; z-index: 1000; }
#legend img { width: 15px; height: 15px; margin-right: 6px; }
header {
    width: 100%;
    background-color: #005f99;
    color: white;
    padding: 10px 0;
    text-align: center;
    box-shadow: 0 4px 10px rgba(0, 0, 0, 0.1);
    height: 30px; /* Augmenter légèrement la hauteur pour faire de la
place au bouton */
    position: relative; /* Permet de positionner le bouton au bon endroit
*/
}
/* Style pour le titre */
header h1 {
    font-size: 2.5rem;
    font-weight: 600;
}

/* Style pour le sous-titre */
header p {
    font-size: 1.1rem;
    margin-top: 10px;
}

/* Positionnement des drapeaux */

```

```

header img {
    position: absolute;
    top: 10px;
    width: 50px;
    height: auto;
}

header img.left {
    left: 10px; /* Positionne l'image à gauche */
}

header img.right {
    right: 10px; /* Positionne l'image à droite */
}
/* Style pour le bouton "Page Accueil" */

.btn-style {
    background-color: rgb(243, 237, 237);
    color: rgb(17, 17, 17);
    padding: 10px 20px;
    border: none;
    font-size: 8px;
    cursor: pointer;
    border-radius: 5px;
    text-decoration: none; /* Retirer la décoration de lien */
    position: absolute;
    bottom: 0px; /* Remonter le bouton vers le haut du header */
    left: 48%; /* Garder centré par rapport à l'élément parent */
    transform: translateX(470%); /* Décaler le bouton vers la droite */
    box-shadow: 0 4px 8px rgba(0, 0, 0, 0.1); /* Ajouter un léger ombrage */
}

/* Changement de couleur au survol */

.btn-style:hover {
    background-color: black;
    color: gold;
}

.btn-accueil {
    background-color: rgb(243, 241, 241);
    color: rgb(12, 12, 12);
    padding: 10px 20px;
    border: none;
    font-size: 8px;
    cursor: pointer;
}

```

```

border-radius: 5px;
text-decoration: none; /* Retirer la décoration de lien */
position: absolute;
bottom: 0px; /* Remonter le bouton vers le haut du header */
left: -23%; /* Garder centré par rapport à l'élément parent */
transform: translateX(470%); /* Décaler le bouton vers la droite */
box-shadow: 0 4px 8px rgba(0, 0, 0, 0.1); /* Ajouter un léger ombrage */
}

/* Changement de couleur au survol */
.btn-accueil:hover {
background-color: black;
color: gold;
}

.btn-itineraire {
background-color: rgb(245, 243, 243);
color: rgb(19, 18, 18);
padding: 10px 20px;
border: none;
font-size: 8px;
cursor: pointer;
border-radius: 5px;
text-decoration: none; /* Retirer la décoration de lien */
position: absolute;
bottom: 0px; /* Remonter le bouton vers le haut du header */
left: -19%; /* Garder centré par rapport à l'élément parent */
transform: translateX(470%); /* Décaler le bouton vers la droite */
box-shadow: 0 4px 8px rgba(0, 0, 0, 0.1); /* Ajouter un léger ombrage */
}

/* Changement de couleur au survol */
.btn-itineraire:hover {
background-color: black;
color: gold;
}

.btn-demographie {
background-color: rgb(241, 241, 241);
color: rgb(10, 10, 10);
padding: 10px 20px;
border: none;
font-size: 8px;
cursor: pointer;
border-radius: 5px;
text-decoration: none; /* Retirer la décoration de lien */
}

```

```

position: absolute;
bottom: 0px; /* Remonter le bouton vers le haut du header */
left: 53%; /* Garder centré par rapport à l'élément parent */
transform: translateX(470%); /* Décaler le bouton vers la droite */
box-shadow: 0 4px 8px rgba(0, 0, 0, 0.1); /* Ajouter un léger ombrage */
}

/* Changement de couleur au survol */
.btn-demographie:hover {
    background-color: black;
    color: gold;
}
</style>
</head>

<header>
    
    <p>Gestion de l'accessibilité aux infrastructures de la ville de Thiès</p>
    <a href="http://localhost/thiespfc/index.html">
        <button type="button" class="btn-style">Style statut</button>
    </a>
    <a href="http://localhost/thiespfc/index.html">
        <button type="button" class="btn-accueil">Carte Ecole</button>
    </a>
    <a href="http://localhost/thiespfc/itineraire.html">
        <button type="button" class="btn-itineraire">Carte itinéraire</button>
    </a>
    <a href="http://localhost/adward/index.html">
        <button type="button" class="btn-demographie">Page Accueil</button>
    </a>

    
</header>
<div>
    <label><input type="checkbox" id="Public classique" checked> Public classique</label>
    <label><input type="checkbox" id="Privé franco arabe" checked> Privé franco arabe</label>
    <label><input type="checkbox" id="Privé Laïc" checked> Privé Laïc</label>
    <label><input type="checkbox" id="Privé Catholique" checked> Privé Catholique</label>
</div>

```

```

<label><input type="checkbox" id="Privé Protestante" checked> Privé
Protestante</label>
</div>

<body>

    <div id="map"></div>
</select>

    <button onclick="getMyPosition()">Ma Position</button>
    <button onclick="createBuffer()">Buffer</button>
    <div id="legend">
        <h4>Légende des Écoles</h4>
        <div> Public classique</div>
        <div> Privé franco
arabe</div>
        <div> Privé Laïc</div>
        <div> Privé Catholique</div>
        <div> Privé Protestante</div>
    </div>
    <!-- Formulaire de sélection des quartiers -->
<select id="quartierSelect">
    <option value="">Sélectionner un quartier</option>

    <script src="https://unpkg.com/leaflet/dist/leaflet.js"></script>
    <script src="https://unpkg.com/leaflet-control-layers-minimap/dist/leaflet-
minimap.js"></script>
    <script>
        var map = L.map('map').setView([14.796269119486162, -16.930734080485777], 13); // Centrer la carte sur Thiès

        // Créer les deux fonds de carte
var esriWorldImagery =
L.tileLayer('https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Imagery/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}', {
    attribution: 'Données © <a href="https://www.esri.com/en-us/home">Esri</a>',
    maxZoom: 19
});

```

```

var openStreetMap =
L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
    attribution: 'Données © <a href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>',
    maxZoom: 19
});

// Ajouter les fonds de carte à un objet de contrôle des couches
// Ajouter les fonds de carte à un objet de contrôle des couches
var baseMaps = {
    "Esri World Imagery": esriWorldImagery,
    "OpenStreetMap": openStreetMap
};

// Déclaration des couches pour les écoles et les quartiers
var schoolsLayer = L.layerGroup(); // Groupe pour les écoles
var quartiersLayer = L.layerGroup(); // Groupe pour les quartiers

// Ajouter le fond de carte OpenStreetMap par défaut
openStreetMap.addTo(map);

// Ajouter un contrôle pour permettre à l'utilisateur de changer de fond de carte
// et d'afficher/masquer les couches

L.control.layers(baseMaps, ).addTo(map);

// Fonction pour afficher les écoles

        // Fonction pour afficher ma position
        function getMyPosition() {
            if (navigator.geolocation) {
                navigator.geolocation.getCurrentPosition(function (position) {
                    var lat = position.coords.latitude;
                    var lng = position.coords.longitude;
                    var marker = L.marker([lat, lng]).addTo(map)
                        .bindPopup("Votre position")
                        .openPopup();
                    map.setView([lat, lng], 13);
                }, function () {
                    alert("Erreur lors de l'obtention de votre position.");
                });
            } else {

```

```

        alert("La géolocalisation n'est pas supportée par ce
navigateur.");
    }
}

// Fonction pour créer un buffer
function createBuffer() {
    var radius = prompt("Entrez le rayon du buffer en mètres:");
    if (radius) {
        var latLng = map.getCenter();
        var buffer = L.circle(latLng, { radius: radius }).addTo(map);
        getSchoolsInBuffer(buffer);
    }
}

// Fonction pour récupérer les écoles dans le buffer
function getSchoolsInBuffer(buffer) {
    var geojsonUrl = 'ecole.php'; // Assurez-vous que ce fichier renvoie
le GeoJSON des écoles
    fetch(geojsonUrl)
        .then(response => response.json())
        .then(data => {
            var schoolsInBuffer = 0;
            data.features.forEach(function (feature) {
                var schoolLatLng = [feature.geometry.coordinates[1],
feature.geometry.coordinates[0]];
                if (buffer.getBounds().contains(schoolLatLng)) {
                    schoolsInBuffer++;
                    var iconUrl =
getIconUrl(feature.properties.sous_statut);
                    var marker = L.marker(schoolLatLng, { icon: L.icon({
iconUrl: iconUrl, iconSize: [30, 30] }) })
                        .bindPopup("<strong>" + feature.properties.nom_établissement
+ "</strong><br>" +
                        "Commune: " + feature.properties.commune + "<br>" +
                        "Statut: " + feature.properties.statut + "<br>" +
                        "Sous-statuts: " + feature.properties.sous_statut +
"<br>" +
                        "Quartier: " + feature.properties.quartier + "<br>" +
                        "Nombre d'élèves: " + feature.properties.nombre_eleve
+ "<br>" +
                        "Nombre de classes pédagogiques: " +
feature.properties.nombre_classe_pédagogiques + "<br>" +

```

```

        "Nombre de salles physiques: " +
feature.properties.nombre_salles_physiques + "<br>" +
        "Nombre d'enseignants: " +
feature.properties.nombre_enseignants
            );
marker.addTo(map);

        }
    });
    alert("Il y a " + schoolsInBuffer + " école(s) dans ce
rayon.");
}
}

var markers = {
    'Public classique': [],
    'Privé franço arabe': [],
    'Privé Laïc': [],
    'Privé Catholique': [],
    'Privé Protestante': []
};

// Fonction pour obtenir l'URL de l'icône selon le sous_statut
function getIconUrl(sousStatut) {
    switch (sousStatut) {
        case 'Public classique':
            return 'im1.png';
        case 'Privé franço arabe':
            return 'im8.png';
        case 'Privé Laïc':
            return 'im6.png';
        case 'Privé Catholique':
            return 'im5.png';
        case 'Privé Protestante':
            return 'im9.png';
        default:
            return 'path_to_images/default.png';
    }
}

// Fonction pour afficher ou masquer les écoles en fonction de leur
sous_statut
function toggleSchoolDisplay(sousStatut) {
    var checkbox = document.getElementById(sousStatut);

```

```

    if (checkbox.checked) {
        displaySchools(sousStatut);
    } else {
        removeSchools(sousStatut);
    }
}

// Fonction pour afficher les écoles
function displaySchools() {
    var geojsonUrl = 'ecole.php'; // Assurez-vous que ce fichier renvoie
le GeoJSON des écoles
    fetch(geojsonUrl)
        .then(response => response.json())
        .then(data => {
            data.features.forEach(function (feature) {
                var latLng = [feature.geometry.coordinates[1],
feature.geometry.coordinates[0]];
                var iconUrl = getIconUrl(feature.properties.sous_statut);
                var marker = L.marker(latLng, { icon: L.icon({ iconUrl:
iconUrl, iconSize: [16, 16] }) })
                    .bindPopup("<strong>" + feature.properties.nom_établissement +
"</strong><br>" +
                    "Commune: " + feature.properties.commune + "<br>" +
                    "Statut: " + feature.properties.statut + "<br>" +
                    "Sous-statuts: " + feature.properties.sous_statut +
"<br>" +
                    "Quartier: " + feature.properties.quartier + "<br>" +
                    "Nombre d'élèves: " + feature.properties.nombre_eleve +
"<br>" +
                    "Nombre de classes pédagogiques: " +
feature.properties.nombre_classe_pédagogiques + "<br>" +
                    "Nombre de salles physiques: " +
feature.properties.nombre_salles_physiques + "<br>" +
                    "Nombre d'enseignants: " +
feature.properties.nombre_enseignants
                );
                marker.addTo(map);

            });
        });
}

```

```

// Fonction pour retirer les écoles
function removeSchools(sousStatut) {
    map.eachLayer(function (Layer) {
        if (layer instanceof L.Marker && layer.options.icon.options.iconUrl ===
getIconUrl(sousStatut)) {
            map.removeLayer(layer);
        }
    });
}

// Ajout des événements pour les cases à cocher
document.getElementById('Public classique').addEventListener('change', function () {
    toggleSchoolDisplay('Public classique');
});
document.getElementById('Privé franco arabe').addEventListener('change', function () {
    toggleSchoolDisplay('Privé franco arabe');
});
document.getElementById('Privé Laïc').addEventListener('change', function () {
    toggleSchoolDisplay('Privé Laïc');
});
document.getElementById('Privé Catholique').addEventListener('change', function () {
    toggleSchoolDisplay('Privé Catholique');
});
document.getElementById('Privé Protestante').addEventListener('change', function () {
    toggleSchoolDisplay('Privé Protestante');
});

// Appeler la fonction pour afficher les écoles au départ
displaySchools('Public classique');
displaySchools('Privé franco arabe');
displaySchools('Privé Laïc');
displaySchools('Privé Catholique');
displaySchools('Privé Protestante');

// Fonction pour afficher les quartiers
function displayQuartiers() {

```

```

        var geojsonUrl = 'quartiersvillethies.php'; // Assurez-vous que ce
fichier renvoie le GeoJSON des quartiers
        fetch(geojsonUrl)
            .then(response => response.json())
            .then(data => {
                var quartiersLayer = L.geoJSON(data, {
                    style: function (feature) {
                        return {
                            color: '#0000FF',           // Limites en bleu
                            weight: 2,
                            fillColor: '#FFFFFF',     // Remplissage en blanc
                            fillOpacity: 0.0001         // Opacité du
remplissage (1 = opaque)
                        };
                    },
                    onEachFeature: function (feature, layer) {
                        layer.bindPopup("<strong>Quartier:</strong> " +
feature.properties.quartier + "<br>" +
"<strong>Commune:</strong> " +
feature.properties.commune + "<br>" +
"<strong>Arrondissement:</strong> " +
feature.properties.arr + "<br>" +
"<strong>Type:</strong> " +
feature.properties.type_qvh);
                    }
                });
                quartiersLayer.addTo(map); // Ajouter la couche des quartiers
à la carte
            });
        }

// Afficher les écoles et les quartiers au démarrage
displaySchools();
displayQuartiers();


```