

REPUBLIQUE DU SENEGAL



Un peuple-un but-une foi

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Direction de l'Enseignement Supérieur Privé

Institut Supérieur d'Informatique



Rapport de fin de cycle pour l'obtention de la licence professionnelle en
Géomatique et Développement d'Application

Développement d'une plateforme Web SIG pour la
gestion et l'analyse des données géospatiales avec
Laravel et PostGIS

Présenté et soutenu par :

M. Cheikh Djidere DIAO

Sous la direction de

M. Makhmadane LO

Spécialité : Développeur Séniior et
Formateur en Informatique

Année Académique : 2024 -2025

REPUBLIQUE DU SENEGAL



Un peuple-un but-une foi

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Direction de l'Enseignement Supérieur Privé

Institut Supérieur d'Informatique



**Rapport de fin de cycle pour l'obtention de la licence professionnelle en
Géomatique et Développement d'Application**

**Développement d'une plateforme Web SIG pour la
gestion et l'analyse des données géospatiales avec
Laravel et PostGIS**

Présenté et soutenu par :

M. Cheikh Djidere DIAO

Sous la direction de

M. Makhmadane LO

**Spécialité : Développeur Séniior et
Formateur en Informatique**

Année Académique : 2024 -2025

A la mémoire de

A celui qui a contribué à mon éducation, à ma formation et à ma réussite et
qui n'est malheureusement plus parmi nous :

- Mon père Younoussa DIAO

Paix à son âme et que Dieu l'accueille au paradis. Amine.

Dédicace

A nos chers parents en guise de reconnaissance et de gratitude pour leur amour, leur patience, leur soutien, leur encouragement et leur sacrifice.

Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer notre respect, notre considération ainsi que l'expression de notre profond amour.

Puisse Dieu vous accorder santé, bonheur et longue vie afin que nous puissions un jour combler de joie vos vieux jours.

Remerciements

Après avoir rendu grâce à Dieu et prié au nom du prophète (PSL), nous tenons à remercier tous ceux qui de loin ou de près ont participé à l'élaboration de ce rapport :

Tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, Monsieur **Makhmadane LO**, pour son encadrement, sa patience et sa confiance tout au long de ce travail. Ses précieux conseils, son expertise et son soutien inébranlable ont été d'une aide inestimable et ont grandement contribué à l'aboutissement de ce projet.

Je tiens également à adresser un remerciement tout particulier à ma mère, **Bodiel Mballo**, qui a toujours été un pilier de soutien et d'amour inconditionnel, guidant mes pas tout au long de ce parcours.

À mon homonyme, **Djidere Baldé**, pour son rôle fondamental dans mon éducation et ses encouragements constants.

À mes frères, **Pape Sanoussy DIAO, Ibrahima Baldé, Mohamed Nourou DIAO**, pour leur solidarité et leurs précieux conseils, sans lesquels ce chemin aurait été bien plus difficile.

Mes remerciements vont également à mes amis, **Aliou Sané, Nafi Kane, Fatim Soumaré, Talla Niang, Thiané Ndour, Hamady Soumboundou**, pour leur soutien constant et leur présence. Leur amitié m'a été précieuse, m'aidant à traverser les moments difficiles et à rester motivé tout au long de ce parcours. Merci à chacun d'entre vous pour être là quand j'en avais besoin.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Que ce soit à travers des discussions enrichissantes, des conseils ou simplement par leur présence, leur contribution a été précieuse.

Avant-propos

L’Institut Supérieur d’Informatique (ISI) est un établissement privé sous la tutelle du Ministère de l’Enseignement Supérieur. Depuis plus de 27 ans, il forme des cadres africains pour répondre aux besoins du marché de l’emploi. Grâce à son expertise et son engagement envers l’excellence académique, l’ISI est devenu une référence en informatique. Le groupe délivre des diplômes de Licence et Master, avec des formations accréditées en géomatique et développement d’application, réseaux informatiques, informatique appliquée à la gestion des entreprises, et sécurité des systèmes d’information, garantissant une éducation de qualité alignée aux standards internationaux.

Pour l’obtention de la licence en géomatique et développement d’application, ISI exige aux étudiants la rédaction d’un rapport de fin de cycle. C’est dans ce cadre que nous avons élaboré ce document qui a pour sujet : **Développement d’une plateforme Web SIG pour la gestion et l’analyse des données géospatiales avec Laravel et PostGIS.**

Ce projet consiste à développer une plateforme web permettant la gestion, l’analyse et la visualisation de données géospatiales. Elle offre une interface intuitive permettant aux utilisateurs d’interagir avec des cartes, d’effectuer des analyses et de gérer leurs données en ligne. Les fonctionnalités incluent la création de comptes, la gestion des données SIG et des outils d’analyse adaptés aux besoins des utilisateurs.

Ce document constitue notre premier travail de recherche académique, c’est pourquoi nous sollicitons de la part du jury, beaucoup d’indulgence pour ce qui concerne son évaluation.

SOMMAIRE

Chapitre 1 : Introduction générale.....	1
1.1 Présentation de l'entreprise : ISI (Institut Supérieur d'Informatique)	2
1.2 Contexte	3
1.3 Problématique	3
1.4 Objectifs	4
1.4.1 Objectif général	4
1.4.2 Objectifs spécifiques	4
Chapitre 2 : Travaux réalisés	6
2.1 Méthode de gestion (agile)	7
2.1.1 Scrum.....	7
2.1.2 Méthode Kanban	8
2.2 Outils de gestion	9
2.2.1 Trello.....	9
2.2.2 Jira	10
2.3 Méthode d'analyse et de conception	12
2.3.1 Langage de modélisation (UML).....	12
2.3.1.1 Diagrammes structurels	12
2.3.1.2 Diagrammes comportementaux.....	12
2.3.2 Diagramme de contexte.....	13
2.3.3 Diagramme de cas d'utilisation	14
2.3.4 Diagramme de classes.....	17
2.4 Outils et technologies utilisées.....	18
2.4.1 Architecture de la solution.....	18
2.4.1.1 Architecture 3-Tiers	19
2.4.2 Technologies et Langages.....	20

2.4.2.1 Laravel	20
2.4.2.2 PostgreSQL / PostGIS	20
2.4.2.3 React.....	21
2.4.2.4 Docker	21
2.4.2.5 GitHub	21
2.4.3 Architecture de déploiement	21
2.4.4 Présentation de l'application	23
Chapitre 3 : Conclusion générale	28
3.1 Vérification des objectifs	29
3.1.1 Concevoir une interface web intuitive pour dessiner, consulter et éditer des données géographiques : ATTEINT.....	29
3.1.2 Stocker et gérer ces données dans un base de données PostGIS adaptée aux opérations spatiales : ATTEINT.....	29
3.1.3 Garantir une accessibilité multiplateforme via un navigateur web : ATTEINT	29
3.1.4 Implémenter un système d'authentification pour un accès personnalisé aux données : ATTEINT	29
3.1.5 Organiser les informations selon des couches thématiques, publiques ou privées : ATTEINT.....	29
3.2 Intérêts	30
3.2.1 Intérêt personnel.....	30
3.2.2 Intérêt sur l'entreprise	30

Glossaire

UML : Unified Modeling Language

SIG : Système d'Information Géographique

SSL : Secure Sockets Layer

TLS : Transport Layer Security

DFD : Diagramme de Flux de Données

PHP : Hypertext Preprocessor

SQL : Structured Query Language

DOM : Document Object Model

API : Interface de programmation d'application

HTTPS : Hypertext Transfer Protocol Secure

Liste des figures

Figure 1 : Méthode agile	7
Figure 2 : Méthode Scrum	8
Figure 3 : Méthode Kanban	9
Figure 4 : Trello	10
Figure 5 : Jira	11
Figure 6 : Formalisme du Diagramme de contexte.....	13
Figure 7 : Diagramme de Contexte du Système	14
Figure 8 : Formalisme du Diagramme de cas d'utilisation	15
Figure 9 : Diagramme de cas d'utilisation du Système.....	15
Figure 10 : Formalisme du Diagramme de classes	18
Figure 11 : Diagramme de classes du Système.....	18
Figure 12 : Schéma Architecture 3 Tiers	20
Figure 13 : Architecture de déploiement	22
Figure 14 : Interface d'authentification utilisateur	23
Figure 15 : Carte interactive affichant plusieurs entités (point, ligne, polygone), avec un popup d'information déclenché par un clic sur un point. La barre latérale présente les couches actives (publiques et privées)	23
Figure 16 : Outil dessin (exemple polygone).....	24
Figure 17 : Création d'une nouvelle couche SIG	24
Figure 18 : Options disponibles sur une couche	25
Figure 19 : Application d'une zone tampon sur une couche (type point).....	25
Figure 20 : Exemple de calcul d'intersection entre deux entités géographiques...26	26
Figure 21 : Fonction de mesure permettant à l'utilisateur de mesurer une distance en cliquant sur plusieurs points sur la carte	26
Figure 22 : Affichage de la table attributaire d'une couche, présentant les données associées à chaque entité géographique (attributs tabulaires)	27
Figure 23 : Fenêtre d'information affichant les métadonnées d'une couche.....	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description du cas d'utilisation créer une couche	15
Tableau 2 : Description de cas d'utilisation ajouter une géométrie	16
Tableau 3 : Description du cas d'utilisation créer une zone tampon.....	16

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le contexte de la gestion et de l'exploitation des données géospatiales, domaine en pleine expansion grâce aux avancées du web et des technologies SIG. Il porte sur la conception et le développement d'une plateforme web ²permettant la visualisation, l'analyse et la gestion de données géographiques en ligne. L'objectif est d'offrir aux utilisateurs une interface intuitive pour interagir avec des cartes, exploiter des outils d'analyse spatiale et administrer leurs propres couches de données. Le projet intègre une architecture trois-tiers avec un frontend en React, un backend en Laravel et une base de données PostgreSQL/PostGIS, assurant à la fois performance et extensibilité. Les fonctionnalités clés incluent la création de comptes, la gestion des couches, le dessin et l'édition de géométries, l'export de données au format GeoJSON, ainsi que des outils de mesure et d'analyse spatiale. Cette plateforme vise à répondre aux besoins des utilisateurs en matière de traitement et de partage d'informations géographiques, tout en s'adaptant aux contraintes techniques et aux évolutions futures.

Abstract

This work is part of the context of geospatial data management and exploitation, a rapidly expanding field thanks to advances in web and GIS technologies. It focuses on the design and development of a web platform for online visualization, analysis, and management of geographic data. The objective is to offer users an intuitive interface for interacting with maps, using spatial analysis tools, and administering their own data layers. The project integrates a three-tier architecture with a React frontend, a Laravel backend, and a PostgreSQL/PostGIS database, ensuring both performance and scalability. Key features include account creation, layer management, geometry drawing and editing, data export in GeoJSON format, as well as measurement and spatial analysis tools. This platform aims to meet user needs for processing and sharing geographic information, while adapting to technical constraints and future developments.

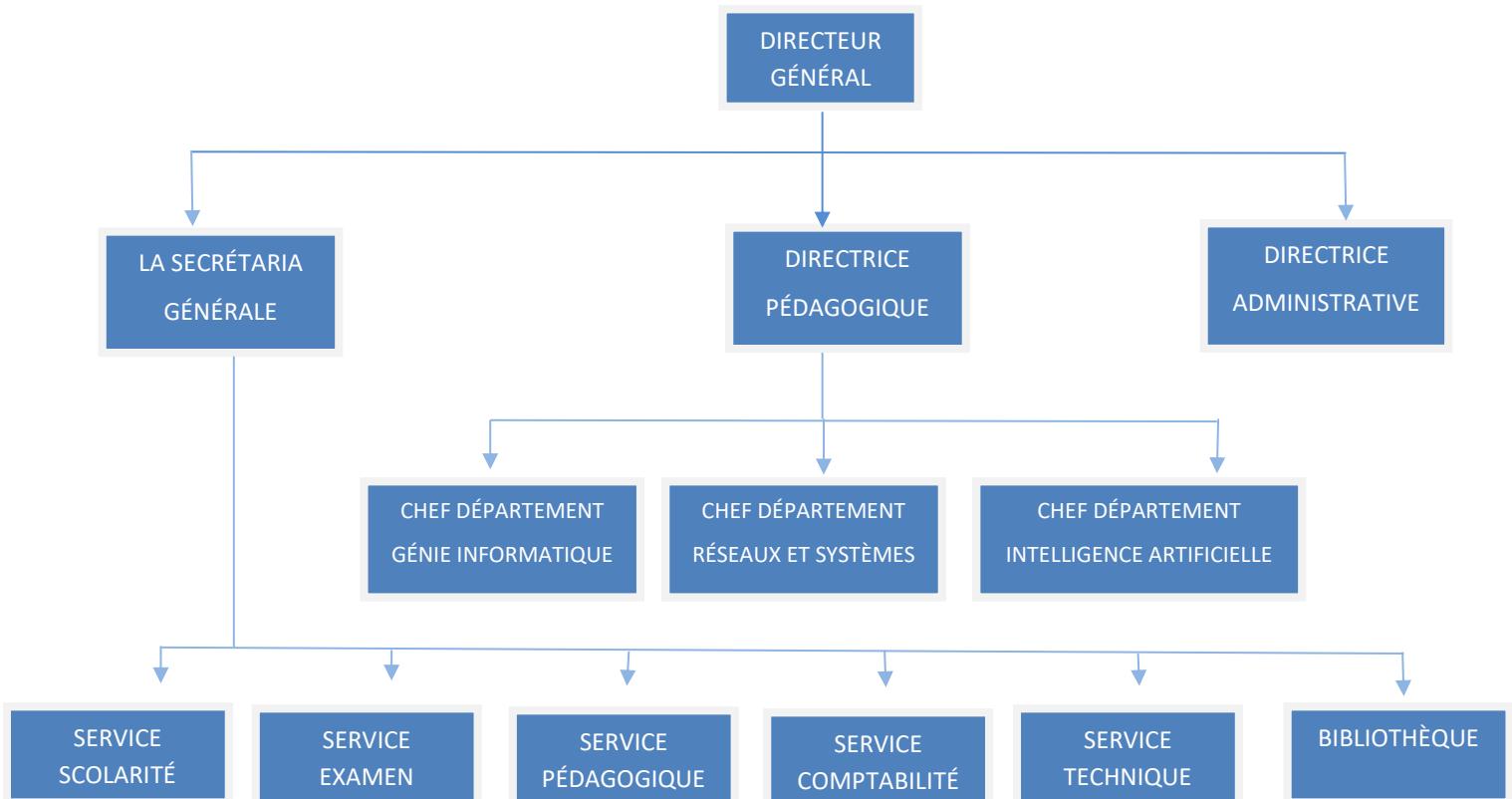


Chapitre 1 : Introduction générale

Pour comprendre les origines des systèmes d'information géographiques (SIG), il faut remonter des centaines, voire des milliers d'années en arrière, au début de la cartographie. Depuis, ce domaine n'a cessé d'évoluer, tout en soulevant des défis majeurs liés à la gestion et à l'analyse des données spatiales. Dans ce contexte, la création d'une application web dédiée à la gestion et la production de données spatiales s'inscrit dans une logique de modernisation des SIG, en apportant des solutions plus modernes, fiables et accessibles.

1.1 Présentation de l'entreprise : ISI (Institut Supérieur d'Informatique)

L'Institut Supérieur d'Informatique (ISI) est un établissement privé spécialisé dans la formation en informatique et les technologies de l'information. Fort de plus de 27 années d'existence, ISI s'est engagé à offrir une formation de qualité, adaptée aux besoins du marché africain. Le Groupe ISI délivre des diplômes de Licence et Master reconnus, garantissant une éducation conforme aux standards internationaux.



1.2 Contexte

- **Pourquoi les systèmes d'information géographique (SIG) sont-ils devenus essentiels aujourd'hui ?**

Les SIG permettent de représenter, analyser et exploiter des données géospatiales dans de nombreux domaines tels que l'urbanisme, environnement, transport, santé, agriculture, etc. Ces données sont devenues centrales dans la prise de décision pour les autorités, les ONG ou encore les entreprises qui interviennent dans ce secteur.

- **Quels sont les outils les plus utilisés aujourd'hui pour gérer ces données ?**

Pendant des décennies, les SIG étaient principalement utilisés par des logiciels de bureau (ODYSSEY, ArcGIS) avec un stockage des données en local. Néanmoins, ces logiciels montrent des limites telles que l'accessibilité, la sécurité des données ou encore la collaboration en temps réel.

- **Pourquoi passer à une plateforme Web SIG ?**

Une application Web SIG fonctionne dans un navigateur web, ce qui lui permet d'être compatible avec une grande variété de systèmes d'exploitations et d'appareils sans nécessité d'installation spécifique. Il facilite ainsi la collaboration entre utilisateur, une gestion sûre et sécurisée des données et une expérience plus moderne et dynamique.

1.3 Problématique

Le développement d'une application Web SIG a pour but d'améliorer la gestion et la production des données spatiales tout en améliorant l'expérience utilisateur.

- **Modernisation et gestion efficace des données spatiales :**

Une application Web SIG c'est tout d'abord un stockage centralisé des données géospatiales sur des serveurs distants via l'extension PostGIS. Cela permet non seulement de moderniser le stockage des données, qui était auparavant stocké localement avec les logiciels classiques. Elle offre également la possibilité de réaliser des opérations spatiales côté serveur précises et performantes (calcul buffer,

intersection, distance entre deux points, etc.). De plus, elle permet à un grand nombre d'utilisateurs d'accéder simultanément aux données et aux outils, contrairement aux SIG de bureau qui sont généralement utilisés par une seule personne.

➤ **Compatibilité multiplateforme et accessibilité étendue :**

L'un des avantages majeurs d'une application Web SIG est sa compatibilité multiplateforme. En effet, elle libère les utilisateurs des contraintes liées à l'installation de logiciels, en leur permettant d'accéder à leur espace de travail via un simple navigateur, quel que soit l'endroit où ils se trouvent.

➤ **Mises à jour centralisées :**

Les mises à jour centralisées et les améliorations apportées à l'application des applications peuvent être déployées de manière centralisée, ce qui évite aux utilisateurs d'avoir à effectuer d'installation manuelle sur leurs propres appareils.

1.4 Objectifs

1.4.1 Objectif général

L'objectif est de réaliser une application Web SIG de gestion et de production de données géospatiales. L'application cherche non seulement à moderniser les SIG, mais elle cherche à offrir une meilleure expérience utilisateur. De plus, elle permet aux utilisateurs et aux entreprises d'optimiser les coûts comparés à l'acquisition des licences des logiciels classiques.

1.4.2 Objectifs spécifiques

A travers ce projet, plusieurs objectifs spécifiques ont été poursuivis :

- Concevoir une interface web intuitive pour dessiner, consulter et éditer des données géographiques ;
- Stocker et gérer ces données dans une base de données PostGIS adaptée aux opérations spatiales ;
- Garantir une accessibilité multiplateforme via un navigateur web ;
- Implémenter un système d'authentification pour un accès personnalisé aux données ;

- Organiser les informations selon des couches thématiques, publiques ou privées.

En somme, face aux limites des logiciels SIG classiques et aux besoins croissants en matière de gestion et de traitement des données géospatiales, le développement d'une application Web SIG s'impose comme une alternative aux solutions modernes, sécurisées et accessibles. Le projet présenté dans ce rapport s'inscrit dans cette dynamique, en apportant une réponse concrète à ces enjeux.

Le chapitre suivant est consacré à la description des travaux réalisés, depuis l'analyse des besoins jusqu'à la mise en œuvre technique de la plateforme.



Chapitre 2 : Travaux réalisés

Ce chapitre présente les étapes et travaux réalisés pour l'application Web SIG : choix et justification de la méthode de gestion de projet, analyse et conception du système, ainsi que les outils et technologies employés.

L'objectif est de fournir une vue d'ensemble claire des démarches adoptées, de l'organisation du projet aux choix techniques.

2.1 Méthode de gestion (agile)

La méthode agile est une approche de gestion de projet qui privilégie la souplesse, la réactivité et la collaboration. Elle est centrée sur l'humain et la communication et vise à impliquer le client tout au long du processus de développement.



Figure 1 : Méthode agile

2.1.1 Scrum

Scrum est une méthode agile basée sur des cycles courts (sprints) et une forte collaboration entre membres d'équipe. Elle vise une livraison rapide et de qualité, tout en restant adaptable aux retours.

SCRUM INFOGRAPHIC

Make a big impact with our professional slides and charts

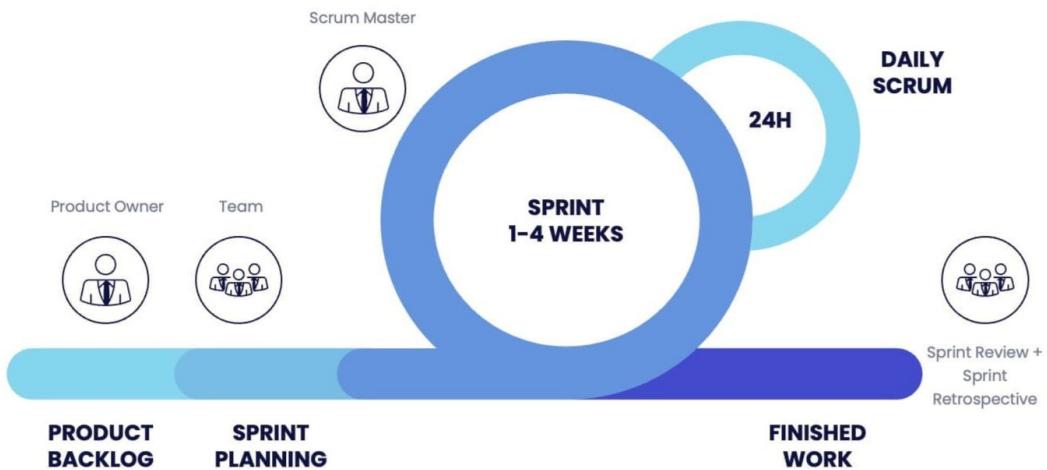


Figure 2 : Méthode Scrum

2.1.2 Méthode Kanban

La méthode agile Kanban est une approche agile de gestion de projet qui repose sur la visualisation du flux de travail à l'aide d'un tableau. Elle permet aux équipes de suivre l'avancement des tâches en temps réel et de s'adapter rapidement aux changements. Contrairement à Scrum, Kanban ne fixe pas de durée de cycle, mais mise sur un flux de production continu. Cette méthode favorise l'amélioration progressive, la limitation du travail en cours (*Work in Progress*) et la prise de décision basée sur les données concrètes. Cependant, Kanban, peut manquer de clarté dans la définition des objectifs et des priorités, et certains projets nécessitent une planification plus structurée que celle offerte par Kanban.



Figure 3 : Méthode Kanban

Justification du choix : Kanban

Le choix de la méthode Kanban pour l’application Web SIG repose sur sa grande souplesse. Elle offre une flexibilité adaptée au processus de l’équipe, qui peut évoluer au fil de son expérience. Cette approche permet aussi d’ajuster en continu les priorités et d’intégrer rapidement des modifications, même lorsque plusieurs aspects techniques sont développés en parallèle (couches, dessin, export GeoJSON, base PostGIS, etc.).

Contrairement à Scrum, qui impose des sprints et des rôles stricts, Kanban favorise un flux de travail continu. Cette liberté est précieuse pour un projet mené de façon itérative et progressive.

Kanban est donc parfaitement adapté au contexte du projet. Sa mise en œuvre s’appuie sur des outils de gestion visuelle, présentés dans la section suivante.

2.2 Outils de gestion

2.2.1 Trello

Trello est un outil de gestion de projet en ligne conçu pour aider les individus et les équipes à organiser et à suivre les tâches.

Principales caractéristiques de Trello :

- Listes et cartes : Organisation des tâches dans des listes et création de cartes pour chaque tâche.

- Vue calendrier : Affichages des tâches avec une vue calendrier pour mieux organiser le travail.
- Automatisation : Utilisation de l'outil Butler (l'outil d'automatisation de Trello) pour automatiser les tâches répétitives.
- Collaboration : Trello facilite la collaboration en équipe avec des fonctionnalités de commentaires, d'attribution de tâches et de partage de fichiers.
- Sécurité : Trello utilise des protocoles sécurisés (SSL/TLS) pour chiffrer les données en transit et au repos.

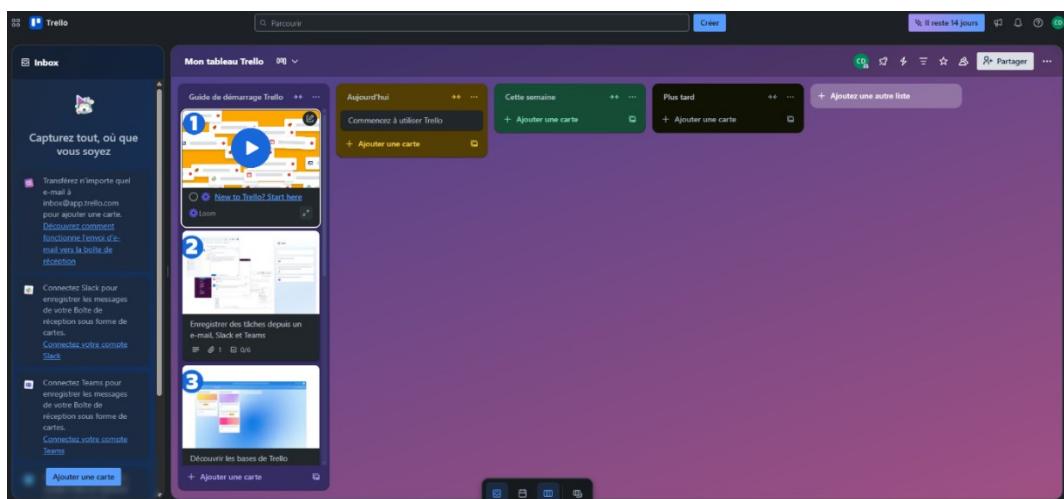


Figure 4 : Trello

2.2.2 Jira

Tout comme Trello, Jira est un outil de gestion de projet créée pour les équipes de développement de logiciel agiles afin de suivre le rythme de développement rapide.

Principales caractéristiques de Jira :

- Gestion de tâches : Jira permet de créer, assigner, suivre et mettre à jour des tâches, appelées « issues » au sein du projet.
- Planification : L'outil facilite la planification des projets, la fixation des délais et l'alignement des équipes et des ressources.

- Suivi de l'avancement : Jira propose des vues claires et personnalisables (tableaux, des chronologies ou des rapports) pour suivre l'avancement des tâches.
- Collaboration : Il facilite la collaboration entre les membres de l'équipe grâce à des fonctionnalités de commentaires, de notifications et de partage d'informations.
- Flexibilité : Jira est hautement personnalisable et s'adapte à différents workflows et méthodologies de gestion de projet, y compris Scrum et Kanban.

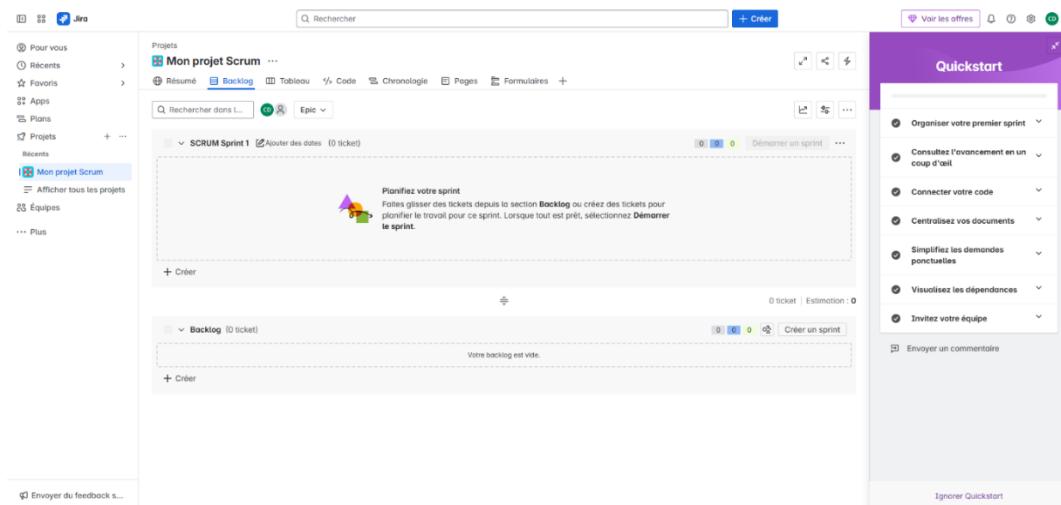


Figure 5 : Jira

Justification du choix : Trello

Parmi les différents outils de gestion présentés, Trello apparaît comme le plus adapté à notre contexte de développement de l'application Web SIG. Sa simplicité d'utilisation, sa flexibilité et sa compatibilité naturelle avec la méthode Kanban en font un outil parfaitement adapté à une gestion visuelle et itérative du projet.

Contrairement à Jira, qui est plus orienté vers des équipes techniques structurées avec des processus complexes, Trello offre une prise en main rapide, ce qui convient davantage à une équipe réduite ou un développement individuel.

Ainsi, Trello a été retenu comme l'outil de gestion le plus adapté au pilotage du projet, ce qui nous conduit désormais à aborder la méthode d'analyse et de conception utilisée pour structurer le développement de l'application.

2.3 Méthode d'analyse et de conception

Une méthode d'analyse et de conception a pour objectif de permettre de formaliser les étapes préliminaires du développement d'un système afin de rendre ce développement plus fidèle aux besoins du projet.

2.3.1 Langage de modélisation (UML)

Le langage UML (Unified Modeling Language, ou langage de modélisation unifié) a été pensé pour être un langage de modélisation visuelle commun, et riche sémantiquement et syntaxiquement. Il est destiné à l'architecture, la conception et la mise en œuvre de systèmes logiciels complexes que ce soit au niveau de leur structure ou de leur comportement. Il existe deux sous-catégories de diagramme UML :

2.3.1.1 Diagrammes structurels

Les diagrammes structurels visualisent les éléments qui composent un système et les relations entre eux, montrant ainsi les aspects statiques d'un système.

- **Diagramme de classes** : Montre les classes, leurs attributs, les opérations et les relations à l'aide de rectangles,
- **Diagramme d'objets** : Visualise les instances spécifiques d'objets et leurs relations,
- **Diagramme de déploiement** : visualise le déploiement physique des composants logiciel sur les nœuds d'un système distribué.

2.3.1.2 Diagrammes comportementaux

Les diagrammes comportementaux représentent ce qui se passe à l'intérieur d'un système et les relations entre eux, montrant ainsi les aspects statiques d'un système.

- **Diagramme de cas d'utilisation** : visualiser les interactions entre les acteurs (utilisateurs ou systèmes) et les cas d'utilisation (exigences fonctionnelles) au sein d'un système,
- **Diagramme de synthèse des interactions** : combine des éléments des diagrammes d'activité et de séquence pour fournir une vue de haut niveau des interactions du système.

2.3.2 Diagramme de contexte

Un diagramme de contexte, également appelé diagramme de contexte système ou DFD de niveau 0, communique une vue d'ensemble de flux de données d'un système technique. Ne nécessitant pratiquement aucune connaissance technique pour être compris, ce type de diagramme de système permet aux ingénieurs, analystes, développeurs et parties prenantes de disposer d'une référence visuelle pour l'analyse et la conception de systèmes.

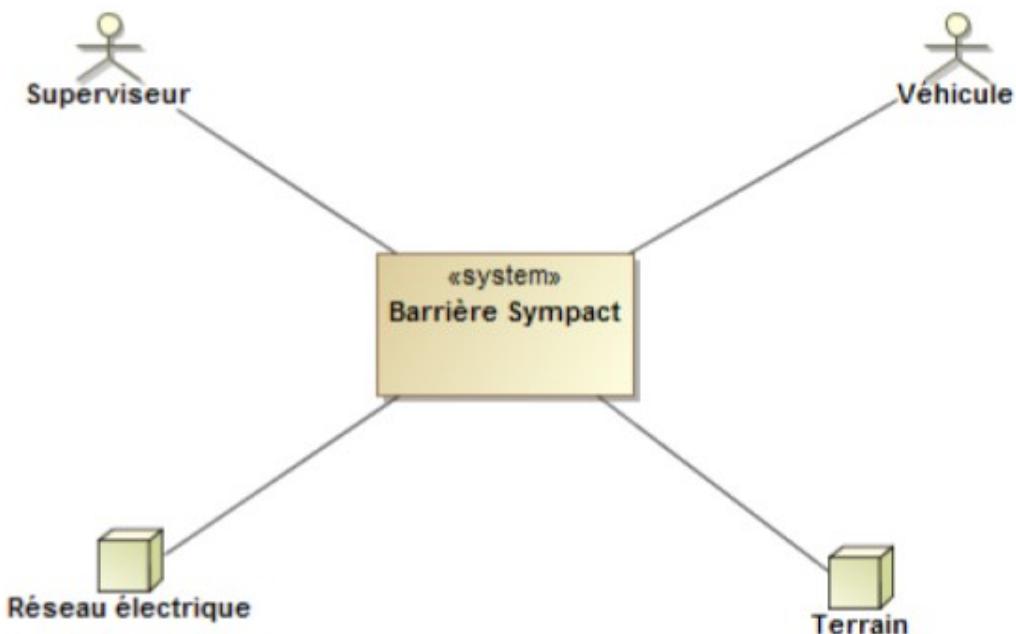


Figure 6 : Formalisme du Diagramme de contexte

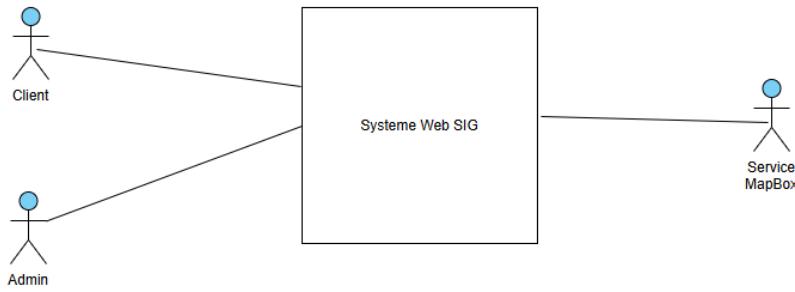


Figure 7 : Diagramme de Contexte du Système

Client : Acteur principal qui interagit avec le système pour créer, modifier et visualiser ses propres couches géospatiales ainsi que consulter les données cartographiques publiques disponibles.

Administrateur : Acteur privilégié qui possède tous les droits d'un client et qui peut en plus modifier, supprimer et éditer toutes les couches publiques du système pour la gestion globale de la plateforme.

Service MapBox : Fournisseur externe qui alimente le système avec les cartes de base et les tuiles cartographiques nécessaires à l'affichage du fond de carte.

2.3.3 Diagramme de cas d'utilisation

Le diagramme de cas d'utilisation peut servir à résumer les informations des utilisateurs du système (également appelés acteurs) et leurs interactions avec ce dernier. Les diagrammes de cas d'utilisation UML sont parfaits pour :

- Représenter les objectifs des interactions entre le système et les utilisateurs ;
- Définir et organiser les exigences fonctionnelles dans un système ;
- Préciser le contexte et les exigences d'un système ;
- Modéliser le flux de base des événements dans un cas d'utilisation.

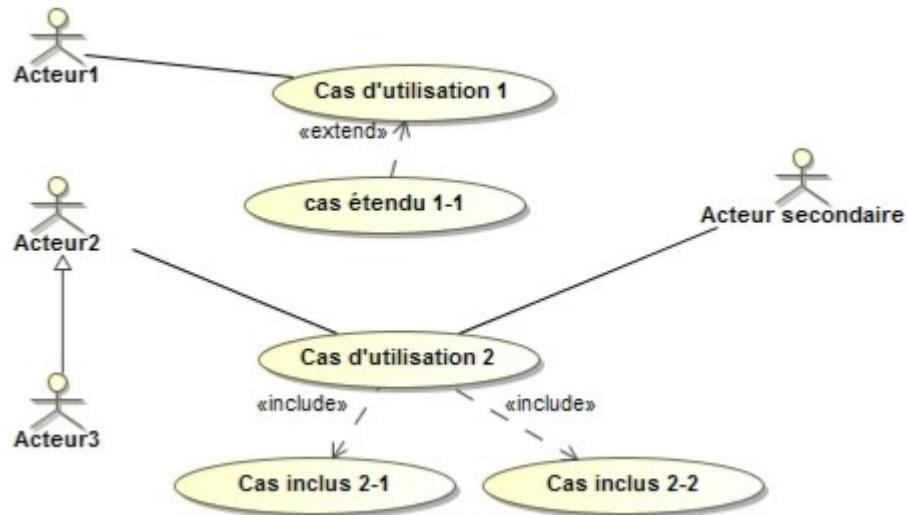


Figure 8 : Formalisme du Diagramme de cas d'utilisation

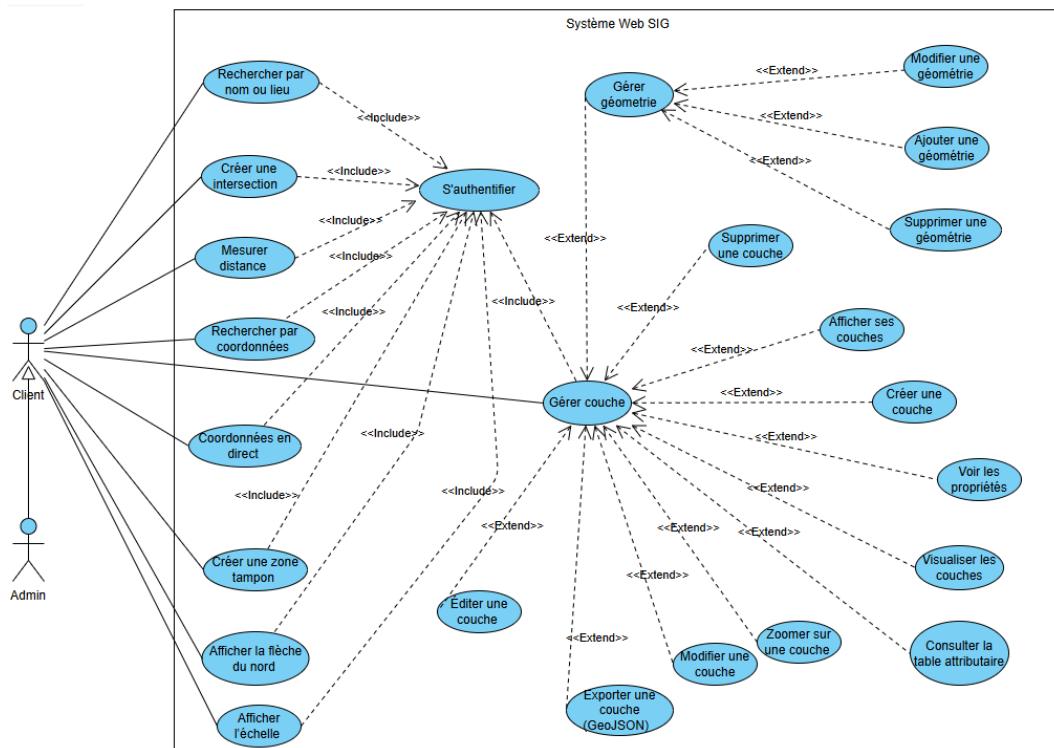


Figure 9 : Diagramme de cas d'utilisation du Système

Description textuelle des use cases

Cas d'utilisation : Créer une couche

Tableau 1 : Description du cas d'utilisation créer une couche

Élément	Description
---------	-------------

Objectif	Permettre à l'utilisateur de créer une nouvelle couche géospatiale
Précondition	L'utilisateur est authentifié et visualise ses couches
Scénario nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisateur clique sur « Créer une couche » 2. Il saisit le nom et sélectionne le type (point, ligne, polygone) 3. Le système crée la couche et l'ajoute à la liste
Scénario alternatifs	<ul style="list-style-type: none"> - Nom déjà existant : demande de modification - Champs obligatoires vide : validation échoue
Postconditions	Une nouvelle couche vide est créée et visible dans la sidebar

Cas d'utilisation : Ajouter une géométrie

Tableau 2 : Description de cas d'utilisation ajouter une géométrie

Élément	Description
Objectif	Créer de nouveaux objets géométriques sur la carte
Précondition	Une couche éditable est sélectionnée
Scénario nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisateur active l'outil de dessin 2. Il dessine la géométrie sur la carte 3. Le système sauvegarde l'objet
Scénario alternatifs	<ul style="list-style-type: none"> - Géométrie invalide : message d'erreur - Couche en lecture seule : action interdite
Postconditions	La nouvelle géométrie est ajoutée à la couche sur la carte

Cas d'utilisation : Créer une zone tampon

Tableau 3 : Description du cas d'utilisation créer une zone tampon

Élément	Description
Objectif	Générer une zone de proximité autour de toutes les géométries d'une couche sélectionnée
Précondition	Une couche contenant des géométries valides
Scénario nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisateur sélectionne une couche

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Il définit le rayon et clique sur « Créer zone tampon » 3. Le backend calcule la zone tampon pour toutes les géométries de la couche 4. Le système affiche le résultat sur la carte
Scénario alternatifs	<ul style="list-style-type: none"> - Couche vide : message « Aucune géométrie à traiter » - Rayon invalide : demande correction - Erreur de calcul backend : message d'erreur
Postconditions	Une nouvelle couche contenant les zones tampons est créée et visible

2.3.4 Diagramme de classes

Le diagramme de classes est l'un des types les plus populaires en langage UML. Très utilisé par les ingénieurs logiciels pour documenter l'architecture de leurs logiciels, les diagrammes de classes sont un type de diagramme de structure, car ils décrivent ce qui doit être présent dans le système modélisé. Il représente de nombreux avantages pour n'importe quel type d'organisation.

- Illustrer des modèles de données pour des systèmes d'information, quel que soit leur degré de complexité ;
- Mieux comprendre l'aperçu général des schémas d'une application ;
- Exprimer visuellement les besoins d'un système et partager cette information dans toute l'équipe ;
- Créer des schémas détaillés qui mettent l'accent sur le code spécifique qui doit être programmé et mis en œuvre dans la structure décrite.

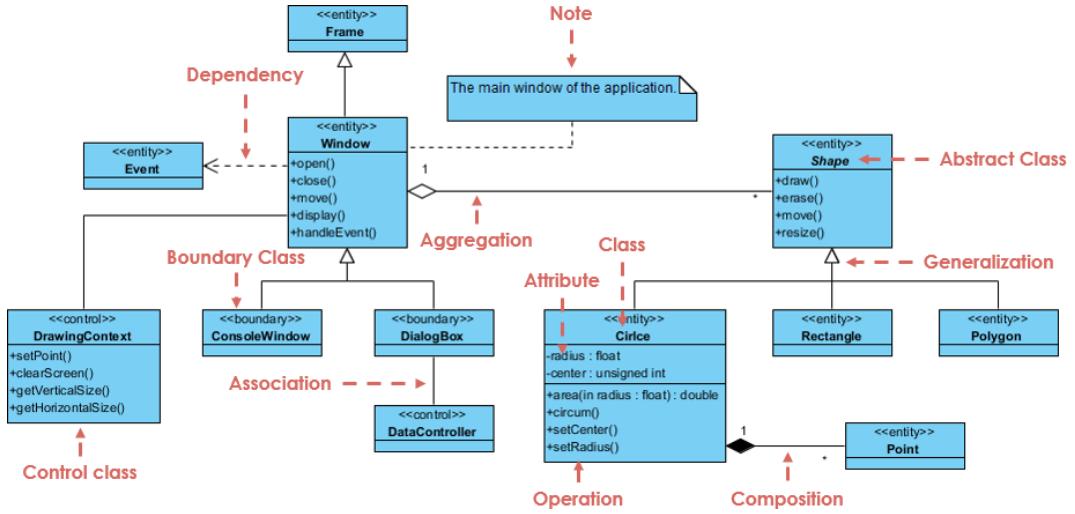


Figure 10 : Formalisme du Diagramme de classes

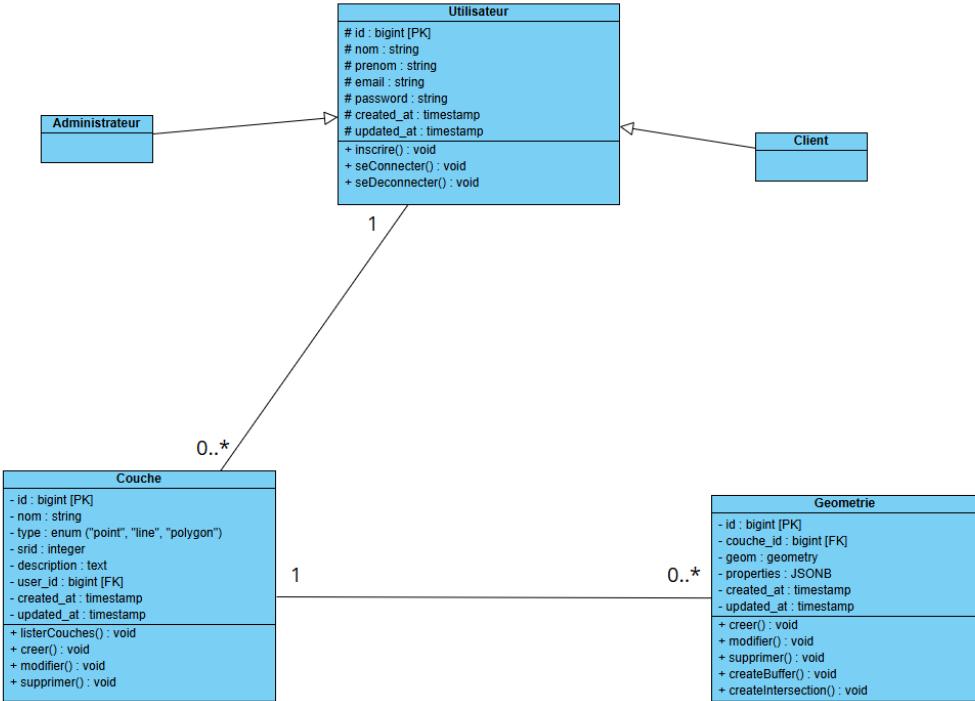


Figure 11 : Diagramme de classes du Système

2.4 Outils et technologies utilisées

2.4.1 Architecture de la solution

L'architecture de solution est une approche qui consiste à concevoir et organiser les composants technologiques d'un système pour répondre à un besoin métier spécifique. Elle définit comment les différentes technologies (base de données, interface utilisateur, services externes) s'articulent ensemble pour créer une solution fonctionnelle. Dans le cadre de l'application Web SIG, l'architecture de solution décrit **comment Laravel (backend), PostgreSQL/PostGIS (base de données) et React avec MapBox GL JS (frontend)** collaborent pour permettre à l'utilisateur de gérer et visualiser ses données géospatiales. Cette approche garantit que la solution technique répond précisément aux exigences fonctionnelles tout en s'intégrant harmonieusement dans l'environnement existant.

2.4.1.1 Architecture 3-Tiers

L'architecture **trois-tiers** est une approche classique mais toujours pertinente dans le développement d'applications web. Elle divise l'application en trois couches indépendantes : la présentation, la logique métier et la base de données. Cette séparation apporte de nombreux avantages en matière de **scalabilité, maintenance, sécurité et performance**.

Les trois couches sont :

- **Tier de présentation (frontend)** : C'est l'interface utilisateur, la partie visible de l'application avec laquelle l'utilisateur interagit directement. Dans notre projet, elle est développée avec React et utilise MapBox GL JS pour l'affichage cartographique interactif. Elle est déployée sur Vercel.
- **Tier logique (backend)** : Cette couche gère le traitement des données, les règles métier, les contrôles d'accès et les communications avec la base de données. Elle est implémentée avec Laravel et déployée sur Railway.
- **Tier de base de données (data)** : Elle stocke et gère les données persistantes de l'application. Nous utilisons ici PostgreSQL avec l'extension PostGIS pour le traitement des données spatiales, hébergée sur Supabase.

L'un des avantages majeurs de cette architecture réside dans la séparation claire des responsabilités. Chaque tiers peut évoluer indépendamment, ce qui facilite la maintenance, les tests et les mises à jour, tout en réduisant les risques d'interruptions majeures.

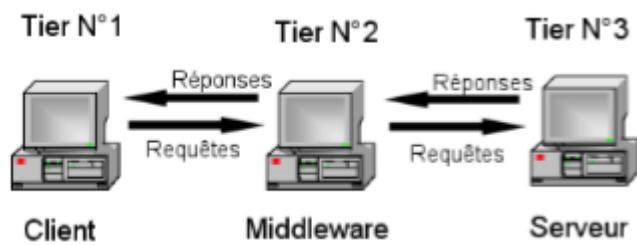


Figure 12 : Schéma Architecture 3 Tiers

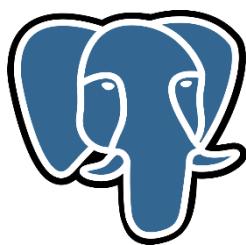
2.4.2 Technologies et Langages

2.4.2.1 Laravel



Écrit en PHP, Laravel est un Framework de développement web populaire, conçu pour simplifier et accélérer la création d'applications web. Il utilise l'architecture MVC (Modèle-Vue-Contrôleur) qui permet d'organiser le code en séparant la logique métier, la présentation et les données. Cette organisation facilite la structuration du projet, améliore la maintenabilité du code, et rend l'application évolutive.

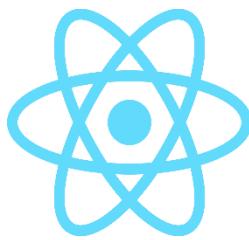
2.4.2.2 PostgreSQL / PostGIS



PostgreSQL est un système de gestion de base de données relationnelle open-source reconnu pour sa robustesse, sa conformité aux standards SQL et ses performances. Il offre des fonctionnalités avancées telles que les transactions ACID, les vues matérialisées et un puissant système d'indexation.

PostGIS est une extension de PostgreSQL qui ajoute le support des données géospatiales. Elle permet de stocker, interroger et manipuler des objets géographiques (points, lignes, polygones) directement via des fonctions SQL. L'ensemble est particulièrement adapté aux applications SIG, permettant la réalisation d'analyses spatiales comme intersections, les zones tampons ou les mesures de distance.

2.4.2.3 React



React est une bibliothèque JavaScript open-source développée par Meta (Facebook) pour construire des interfaces utilisateur dynamiques et réactives. Elle repose sur un modèle de composants réutilisables et un DOM virtuel qui optimise les mises à jour de l'interface. Dans le cadre de ce projet, React a été utilisé pour développer l'interface web de l'application SIG, permettant une navigation fluide, une interactivité avec la carte, et une gestion efficace des états côté client.

2.4.2.4 Docker



Docker est une technologie de conteneurisation qui permet d'exécuter des applications dans des environnements isolés, appelées conteneurs. Elle simplifie le déploiement en regroupant le code, les dépendances et la configuration dans un seul package.

Dans le cadre de ce projet, Docker a été utilisé en environnement local pour le développement des services principaux : le backend Laravel, le frontend React et la base de données PostgreSQL/PostGIS. Il a également servi pour le déploiement du backend sur Railway. Le frontend, quant à lui, a été déployé séparément sur Vercel.

2.4.2.5 GitHub



GitHub est une plateforme de gestion de code source basée sur Git. Elle a été utilisée pour héberger les deux dépôts du projet : un pour le frontend (React) et un pour le backend (Laravel). Chaque dépôt contient deux branches principales : develop pour le développement et main pour la production. Ces branches sont connectées respectivement à Vercel (frontend) et Railway (backend) pour des déploiements automatiques à chaque mise à jour.

2.4.3 Architecture de déploiement

L'architecture de déploiement désigne la configuration, la conception et la gestion de tous les composants nécessaires à la mise en production d'une application y compris l'infrastructure, les services, la sécurité et les connexions réseau.

Dans notre cas, le déploiement suit une architecture cloud moderne reposant sur un modèle en tiers :

- Le frontend React est déployé sur Vercel, via la branche main du dépôt GitHub.
- Le backend Laravel est conteneurisé (Docker), hébergé sur Railway, connecté également à la branche main du repo backend.
- La base de données PostgreSQL/PostGIS, provisionnée via Supabase, est accessible uniquement par le backend Laravel sécurisé.

Cette architecture garantit :

- Une séparation claire des responsabilités entre le frontend, backend et base de données,
- Des déploiements automatisés dès la mise à jour de la branche main,
- Une reproductibilité de l'environnement local à la production grâce à Docker.

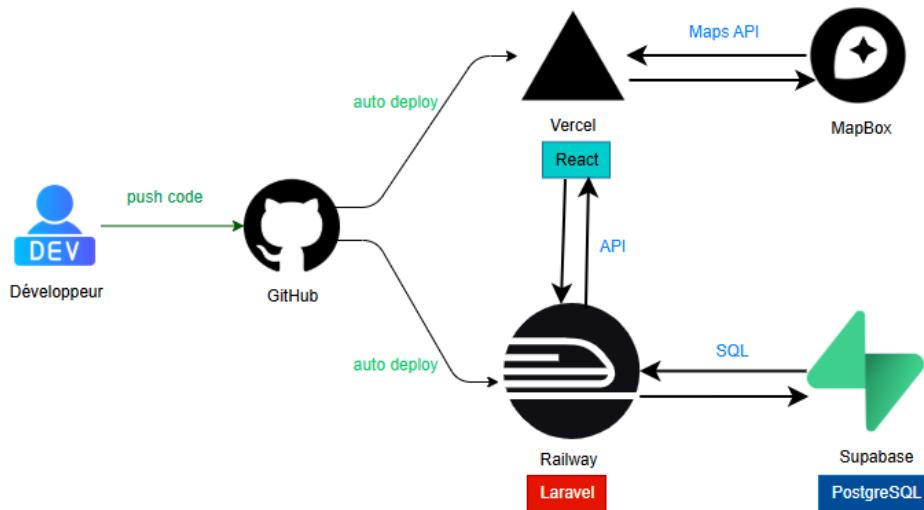


Figure 13 : Architecture de déploiement

2.4.4 Présentation de l'application



Figure 14 : Interface d'authentification utilisateur

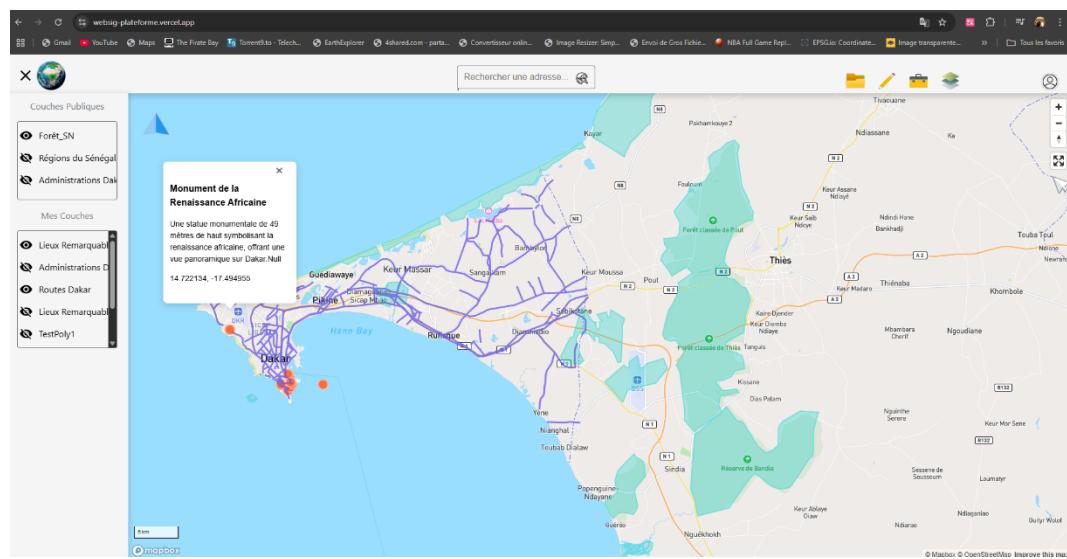


Figure 15 : Carte interactive affichant plusieurs entités (point, ligne, polygone), avec un popup d'information déclenché par un clic sur un point. La barre latérale présente les couches actives (publiques et privées)

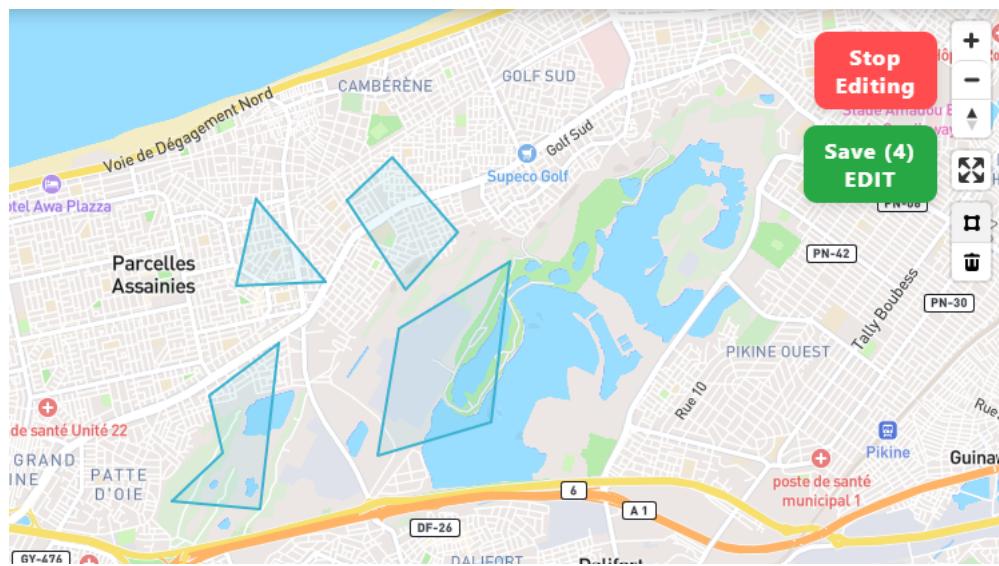


Figure 16 : Outil dessin (exemple polygone)

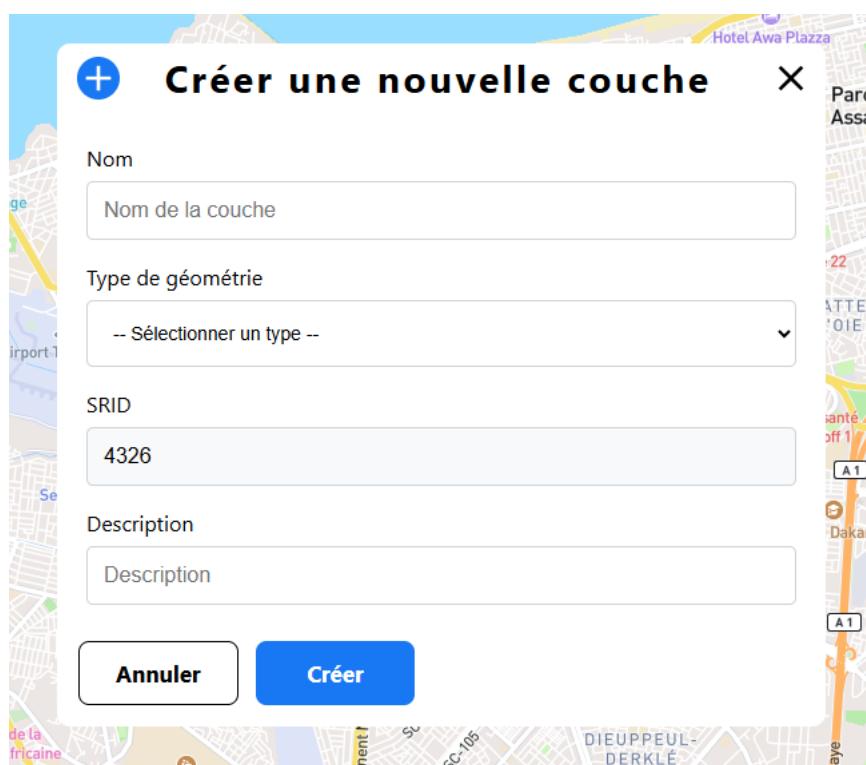


Figure 17 : Crédit d'une nouvelle couche SIG

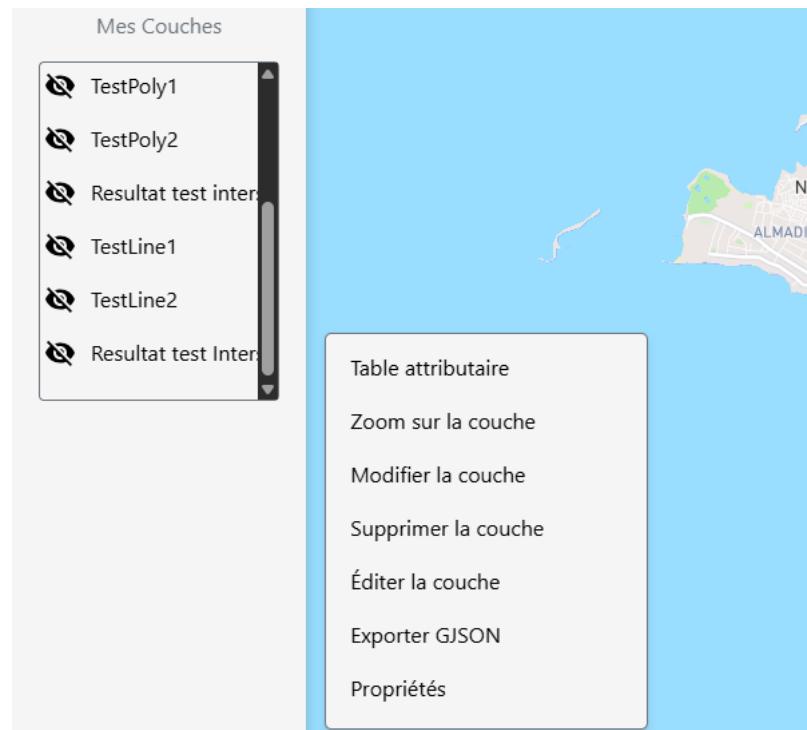


Figure 18 : Options disponibles sur une couche

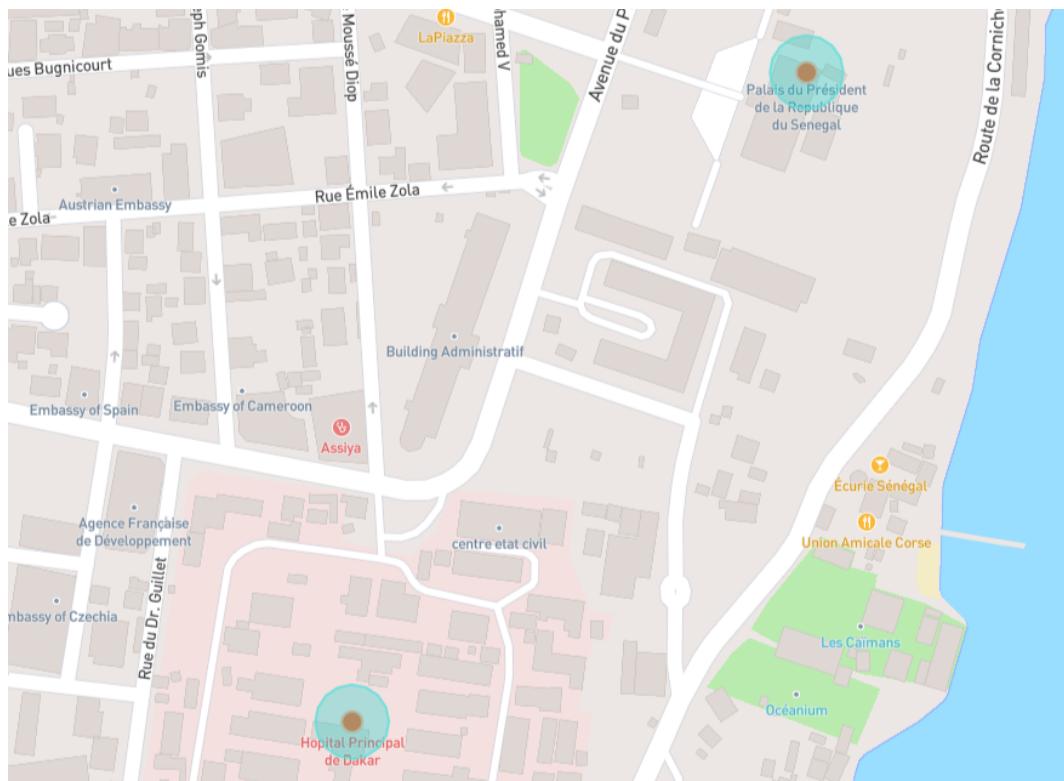


Figure 19 : Application d'une zone tampon sur une couche (type point)

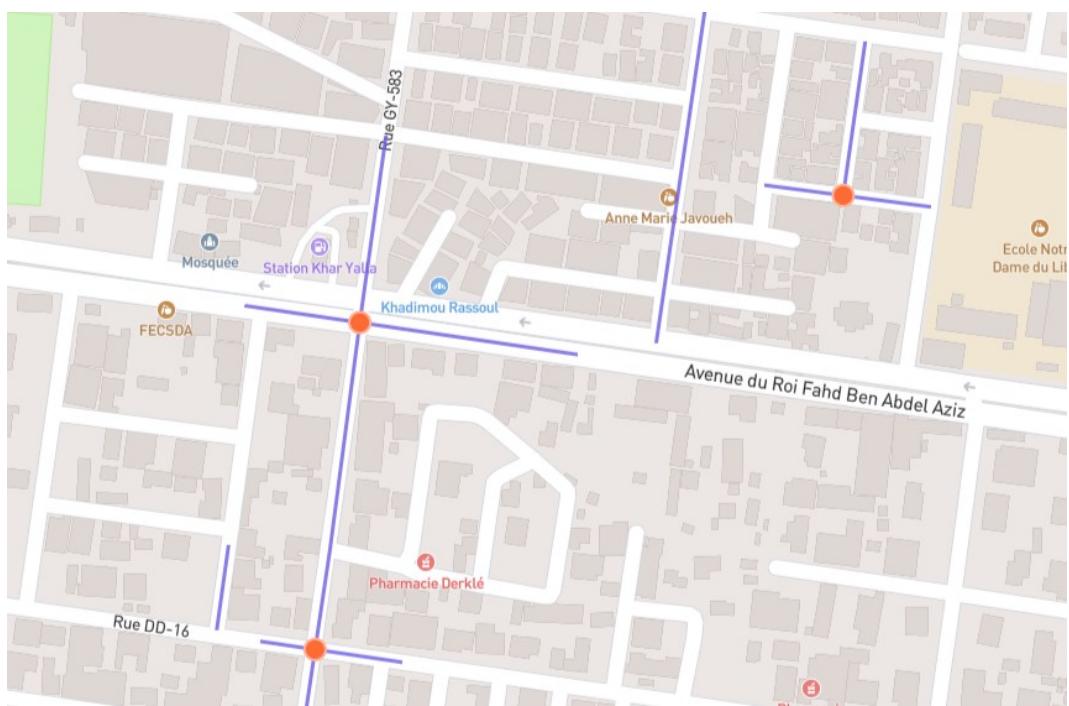


Figure 20 : Exemple de calcul d'intersection entre deux entités géographiques

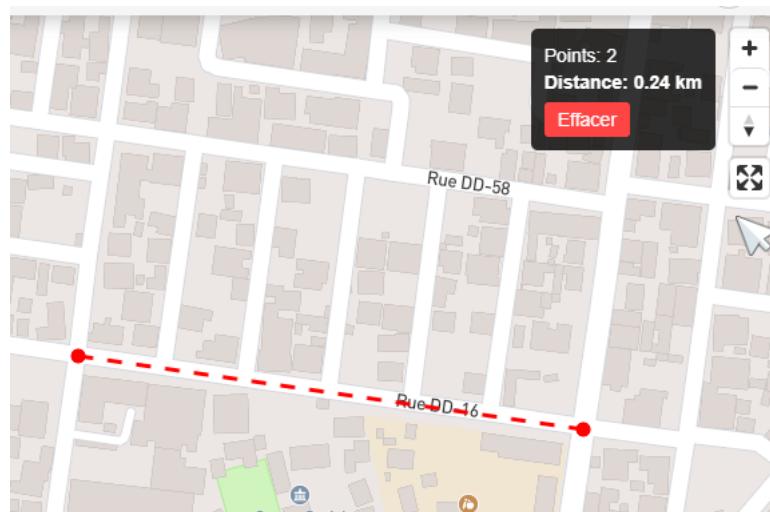


Figure 21 : Fonction de mesure permettant à l'utilisateur de mesurer une distance en cliquant sur plusieurs points sur la carte

Table Attributaire : Régions du Sénégal

Nombre total de géométries : 14

ID	Type	Nom	Description	Périmètre	Surface	X	Y
329	MultiPolygon	Tambacounda	Null	1459.74 km	42851.87 km ²	-13.306400	12.644400
323	MultiPolygon	Kédougou	Null	840.86 km	16923.01 km ²	-12.189000	12.360900
327	MultiPolygon	Saint-Louis	Null	1051.88 km	20270.67 km ²	-13.964600	16.224000
318	MultiPolygon	Dakar	Null	170.46 km	565.96 km ²	-17.467600	14.648700
330	MultiPolygon	Thiès	Null	550.72 km	6640.78 km ²	-16.885800	14.247600
322	MultiPolygon	Kaolack	Null	474.08 km	5408.16 km ²	-15.998900	13.591700
328	MultiPolygon	Sédhiou	Null	377.45 km	7355.31 km ²	-15.833700	12.444700
331	MultiPolygon	Ziguinchor	Null	399.89 km	7354.97 km ²	-16.498100	12.353400
319	MultiPolygon	Diourbel	Null	395.01 km	4861.34 km ²	-16.043300	14.555000
324	MultiPolygon	Kolda	Null	766.19 km	13813.42 km ²	-14.879300	12.679100
321	MultiPolygon	Kafrine	Null	497.68 km	11324.81 km ²	-15.394900	13.757300
326	MultiPolygon	Matam	Null	983.05 km	27994.81 km ²	-12.845900	15.199400

Figure 22 : Affichage de la table attributaire d'une couche, présentant les données associées à chaque entité géographique (attributs tabulaires)

16 Propriétés de la couche

Informations Générales

NOM : Régions du Sénégal
 Type géométrie : polygon
 Description : Découpage administratif des 14 régions du Sénégal
 Editable : Non
 Nombre de géométries : 14
 Système de coordonnée : 4326
 Date de création : 15/07/2025
 Date de modification : 15/07/2025

Statistiques

Surface totale : 196888.57 km²
 Nombre de géométries : 14

[Exporter couche](#) [Afficher table attributaire](#) [Zoomer la couche](#)

Figure 23 : Fenêtre d'information affichant les métadonnées d'une couche

Chapitre 3 : Conclusion générale

Ce rapport avait pour but de développer une plateforme Web SIG pour la gestion des données spatiales, avec plusieurs objectifs clés qui ont été définis dès le départ.

3.1 Vérification des objectifs

3.1.1 Concevoir une interface web intuitive pour dessiner, consulter et éditer des données géographiques : ATTEINT

L'interface web pour la gestion des données géospatiales a été implémentée avec succès, permettant aux utilisateurs de créer de nouvelles données ou de gérer celles déjà existantes.

3.1.2 Stocker et gérer ces données dans un base de données PostGIS adaptée aux opérations spatiales : ATTEINT

Grâce à PostgreSQL et à son extension PostGIS, une base de données solide a été mise en place. Elle permet de stocker et de gérer les données des utilisateurs via le backend Laravel tout en offrant la possibilité d'effectuer des opérations spatiales telles que le tampon et l'intersection.

3.1.3 Garantir une accessibilité multiplateforme via un navigateur web : ATTEINT

Le choix de React pour le frontend et Laravel pour le backend a permis de garantir une accessibilité multiplateforme à partir d'un simple navigateur web.

3.1.4 Implémenter un système d'authentification pour un accès personnalisé aux données : ATTEINT

Le système d'authentification a été pleinement implémenté grâce à Laravel Sanctum. Ceci a permis d'assurer un accès personnalisé tout en préservant la sécurité des données.

3.1.5 Organiser les informations selon des couches thématiques, publiques ou privées : ATTEINT

L'organisation des couches en thématique publiques ou privées a été mise en place avec succès. Ainsi l'utilisateur connecté peut gérer ses propres couches (ajout, modification, suppression) tout en ayant accès aux couches publiques pour consultation.

En somme, tous les objectifs fixés au départ ont été atteints, ce qui a permis de poser les bases solides d'une application Web SIG fonctionnelle.

3.2 Intérêts

3.2.1 Intérêt personnel

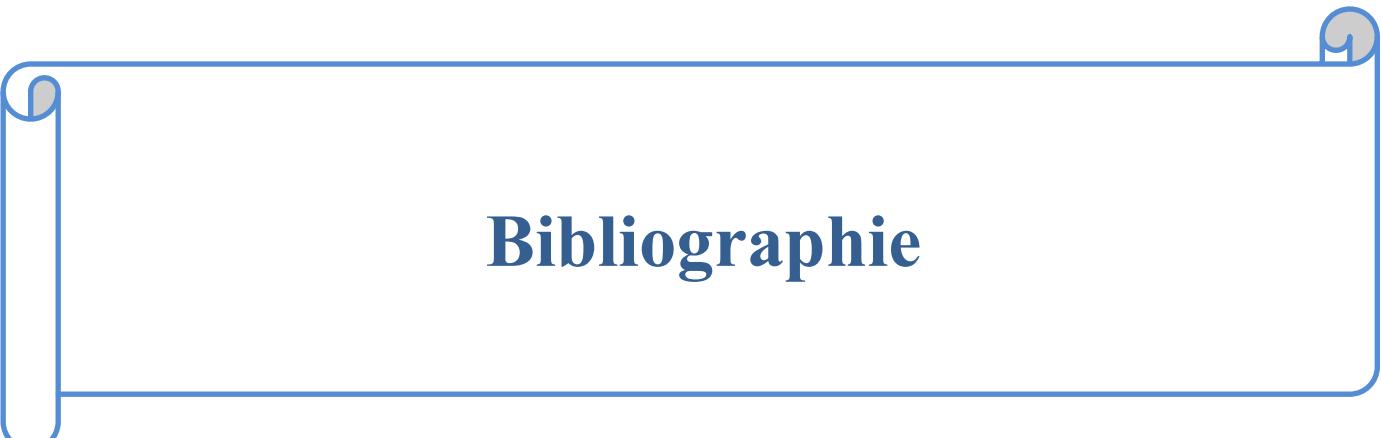
Le développement de l'application Web SIG pour la gestion des données spatiales m'a permis d'acquérir de solides compétences techniques. Ce projet m'a donné l'occasion de gagner en expérience dans la gestion de projet informatique, notamment dans le développement web. J'ai découvert de nouvelles technologies, approfondi la compréhension de celles que je connaissais déjà et mieux perçu la complémentarité entre la géomatique et le développement logiciel. Il m'a également permis de mettre en pratique mes connaissances de base en programmation et d'enrichir mes acquis.

3.2.2 Intérêt sur l'entreprise

Un tel projet présente un intérêt certain pour une entreprise évoluant dans le domaine de la géomatique. En effet, une plateforme Web SIG facilite la centralisation et la gestion des données spatiales, tout en offrant des outils d'analyse accessibles en ligne. Elle permet de gagner en efficacité dans le traitement de l'information géographique, de favoriser la collaboration entre différents acteurs et d'améliorer la prise de décision. Une entreprise pourrait ainsi optimiser ses opérations, réduire les coûts liés aux logiciels propriétaires et disposer d'une solution évolutive adaptée à ses besoins spécifiques.

Ce projet présente un double intérêt, à la fois pour mon apprentissage personnel et pour les perspectives qu'il peut offrir aux entreprises du domaine de la géomatique.

Enfin, ce projet illustre la complémentarité entre la géomatique et le développement logiciel. Il marque une avancée significative dans la gestion des données spatiales et témoigne de la transition des SIG classiques vers des applications web offrant une gestion moderne et performante des informations géographiques.



Bibliographie

Mémoires

BA Aminata Adama, *Conception et réalisation d'une Application pour la gestion informatisée d'un cabinet médical*, ISI, 2023-2024, 35pages.

DIA Ibrahim Al Khalil, *Conception et réalisation d'un site Web de Commerce Électronique pour une Boutique en Ligne*, ISI, 2023-24, 35pages.

DIENE Ibrahima Khalil, *Conception et réalisation d'une plateforme Web de gestion de location de voiture*, ISI, 2023-24, 32pages.



Wébographie

<https://www.tuleap.org/fr/agile/comprendre-methode-agile-scrum-10-minutes>
:05/07/2025, 22h25

<https://www.esri.com/fr-fr/what-is-gis/history-of-gis> :07/07/2025, 23h10

<https://www.lucidchart.com/pages/fr/langage-uml> :25/07/2025, 21h10

<https://rfcdigital.com/architecture-trois-tiers-web/> :26/07/2025, 20h20

<https://appmaster.io/glossary/deployment-architecture> :28/07/2025, 18h20

<https://www.lucidchart.com/pages/fr/exemple/logiciel-diagramme-de-contexte> :
29/07/2025, 16h45

Table des matières

A la mémoire de	I
Dédicace	II
Remerciements	III
Avant-propos	IV
SOMMAIRE.....	V
Glossaire	VII
Liste des figures.....	VIII
Liste des tableaux.....	IX
Résumé	X
Abstract.....	XI
Chapitre 1 : Introduction générale.....	1
1.1 Présentation de l'entreprise : ISI (Institut Supérieur d'Informatique) ..	2
1.2 Contexte	3
1.3 Problématique	3
1.4 Objectifs	4
1.4.1 Objectif général	4
1.4.2 Objectifs spécifiques	4
Chapitre 2 : Travaux réalisés	6
2.1 Méthode de gestion (agile).....	7
2.1.1 Scrum.....	7
2.1.2 Méthode Kanban	8
2.2 Outils de gestion	9
2.2.1 Trello.....	9
2.2.2 Jira	10
2.3 Méthode d'analyse et de conception	12

2.3.1 Langage de modélisation (UML).....	12
2.3.2 Diagramme de contexte.....	13
2.3.3 Diagramme de cas d'utilisation	14
2.3.4 Diagramme de classes.....	17
2.4 Outils et technologies utilisées.....	18
 2.4.1 Architecture de la solution.....	18
 2.4.2 Technologies et Langages.....	20
 2.4.3 Architecture de déploiement	21
 2.4.4 Présentation de l'application	23
Chapitre 3 : Conclusion générale	28
 3.1 Vérification des objectifs	29
 3.1.1 Concevoir une interface web intuitive pour dessiner, consulter et éditer des données géographiques : ATTEINT.....	29
 3.1.2 Stocker et gérer ces données dans un base de données PostGIS adaptée aux opérations spatiales : ATTEINT.....	29
 3.1.3 Garantir une accessibilité multiplateforme via un navigateur web : ATTEINT	29
 3.1.4 Implémenter un système d'authentification pour un accès personnalisé aux données : ATTEINT	29
 3.1.5 Organiser les informations selon des couches thématiques, publiques ou privées : ATTEINT.....	29
 3.2 Intérêts	30
 3.2.1 Intérêt personnel.....	30
 3.2.2 Intérêt sur l'entreprise	30
Bibliographie	i
Wébographie	ii
Table des matières	iii