



Connect skills, create more

RAPPORT D'ANALYSE

Application Web pour l'Aménagement des Voies Cyclables



Février - Mai 2024

Realisé par :

Thomas WITTMER
Jeanne BOUNAN
Laure GREGOIRE
Johan PALOS

Encadrants :
Mathieu CATTIN
Gabin JUBAULT

Table des matières

1	Introduction	2
1.1	Contexte	2
1.2	Présentation de l'équipe	2
1.3	Enjeux	3
2	Recueil du Besoin	4
2.1	Objectifs	4
2.2	Contraintes	4
3	Analyse Fonctionnelle	5
4	Etude Technique	8
4.1	Identité visuelle	9
4.2	Problèmes rencontrés	10
4.3	Résultats	11
4.4	Perspectives d'amélioration	14
5	Réalisation et Suivi de Projet	15
5.1	Risques	15
5.2	Planning prévisionnel	16
5.3	Organisation	16
5.4	Retours sur les attentes des commanditaires	17

1 Introduction

1.1 Contexte

L'émergence de ce sujet comme projet de développement informatique trouve son origine dans une constatation inquiétante : entre 2018 et 2021, le nombre annuel d'accidents de vélo à Paris a connu une augmentation significative, doublant en l'espace de trois ans alors même que la fréquentation des axes n'a augmenté que de 35%. Cela soulève des préoccupations importantes malgré les 1000 kilomètres d'aménagements cyclables déjà présents à Paris en 2021. Face à cette réalité, il devient impératif de mettre en œuvre de nouvelles infrastructures et de concevoir des solutions sécurisées, tant pour le stationnement que pour les déplacements, afin de renforcer l'écosystème vélo au sein de la capitale.

Cette démarche s'inscrit dans la vision ambitieuse du plan vélo 2021-2026, qui aspire à faire de Paris une ville entièrement cyclable. Afin de contribuer à cette initiative, notre objectif est de développer une application web ayant pour mission d'identifier les axes cyclables les plus accidentogènes, établissant ainsi une hiérarchie de priorités en termes d'améliorations nécessaires. Pour offrir une expérience utilisateur immersive, la plateforme prendra la forme d'une carte 2D, avec une option de visualisation 3D visant à offrir aux utilisateurs une expérience détaillée et compréhensible des données, favorisant ainsi une meilleure prise de décision dans le processus d'aménagement urbain.

Au-delà de l'amélioration immédiate de la sécurité des cyclistes parisiens, cette application pourrait également représenter un modèle pour d'autres grandes villes, suscitant un intérêt global pour des solutions innovantes en matière d'aménagement cyclable et de sécurité routière.

Cet engagement en faveur de la sécurité et de l'efficacité des trajets à vélo à Paris reflète la volonté de créer des espaces urbains plus sûrs et agréables pour les cyclistes, contribuant ainsi à l'évolution positive de la mobilité dans la capitale française.

1.2 Présentation de l'équipe

Ce projet est commandité par l'entreprise française Coexya, par l'intermédiaire de Mathieu Cattin, architecte et responsable technique de la cellule SIG de Coexya à Paris.

L'équipe dédiée au développement de ce projet se compose de quatre étudiants issus de l'École Nationale des Sciences Géographiques (ENSG) : Jeanne Bounan, Laure Grégoire, Johan Palos, et Thomas Wittmer. La supervision de ce groupe est assurée par Gabin Jubault, ancien élève de l'ENSG, désormais ingénieur d'études chez Coexya, et à l'origine du projet.

La présence de Gabin Jubault en tant que superviseur revêt une importance particulière, puisqu'il apporte non seulement son expérience en tant qu'ingénieur, mais également les connaissances techniques approfondies nécessaires au bon déroulement du projet. Son implication englobe la mise à disposition des résultats de recherches préalables, offrant ainsi une base solide pour le développement de l'application.

Chaque membre de l'équipe étudiante possédait des compétences approfondies en programmation, assumant le rôle essentiel de développeurs dans ce projet. Thomas Wittmer, a assuré le rôle de chef de projet, assurant la bonne coordination des différentes tâches au sein de l'équipe. Cette répartition des rôles et des compétences a garanti une collaboration efficace et complémentaire, favorisant la réussite du projet dans son ensemble.

1.3 Enjeux

Le bon déroulé du projet relève d'une certaine importance pour Coexya, offrant la perspective d'unifier l'ensemble des données existantes au sein d'une application unique. Inspirée par l'exemple fructueux de GeoVélo, cette plateforme vise à constituer une ressource centralisée, favorisant la sécurité des cyclistes dans leurs déplacements. Le projet s'inscrit ainsi dans une démarche globale visant à promouvoir un écosystème vélo sécurisé.

À terme, l'impact de cette application ne se limite pas uniquement à son usage interne. Il n'est pas absurde d'envisager que cette solution suscite l'intérêt de collectivités territoriales, ainsi que d'entreprises spécialisées dans les aménagements cyclables. L'application aura peut-être le potentiel d'être réutilisée comme le point de départ d'une future ressource dans le domaine de la sécurité routière pour les cyclistes.

La vision à long terme est celle d'une application qui dépasse les frontières de l'entreprise commanditaire pour devenir un outil d'intérêt public. Les collectivités territoriales pourraient trouver en cette application une solution pour planifier et améliorer leurs infrastructures cyclables, contribuant ainsi à la création de villes plus sûres et plus conviviales pour les amateurs de vélo. Les particuliers pourraient quant à eux, visualiser les axes avec le plus d'accidents et les prendre en compte dans leurs déplacements quotidiens.

En résumé, le succès de ce projet représente bien plus qu'une simple application de visualisation pour Coexya. Il ouvre la voie à une contribution à l'évolution des politiques urbaines en faveur du vélo, renforçant la sécurité et l'accessibilité pour tous les cyclistes.

2 Recueil du Besoin

2.1 Objectifs

Les impératifs énoncés par nos commanditaires illustrent une vision axée sur l'amélioration de la sécurité et de l'efficacité des itinéraires cyclables. Le déploiement d'une solution web constitue le cœur de ce projet, visant à identifier de manière précise les axes cyclables les plus exposés aux risques en visualisant les pistes cyclables ainsi que les accidents de la ville de Paris, instaurant ainsi un cadre prioritaire pour les améliorations nécessaires. Ce souci de priorisation découle d'une volonté de maximiser l'impact positif sur la sécurité des cyclistes.

L'intégration des tuiles 3D fournies par Google est une vraie plus-value pour ce projet. En rendant possible la création de vues immersives, cette fonctionnalité vise à améliorer la visualisation des données, offrant ainsi une expérience utilisateur plus riche et facilitant la prise de décisions.

Enfin, l'engagement en faveur d'une démarche GreenIT représentait une dimension importante du projet, qui a finalement été revu à la baisse en accord avec les commanditaires. Les choix de développement ont été en partie guidés par des considérations environnementales, inscrivant ainsi, du mieux que nous le pouvions, l'initiative dans une perspective écoresponsable, alignée sur les préoccupations contemporaines liées à l'empreinte carbone des technologies. Cette approche souligne la volonté du projet d'être non seulement efficace sur le plan fonctionnel mais également respectueux de l'environnement, même si il ne s'agissait pas d'un objectif capital pour l'entreprise.

2.2 Contraintes

Les contraintes imposées par nos commanditaires étaient relativement limitées, malgré l'étendue considérable du cahier des charges. Cependant, une compréhension approfondie des fonctionnalités prioritaires pour Coexya a été acquise, orientant ainsi nos efforts vers les aspects essentiels du projet. Parmi ces priorités, la mise en œuvre d'un curseur temporel dans la visualisation des données émerge comme une fonctionnalité cruciale.

La nécessité d'intégrer un curseur temporel s'oriente vers une analyse dynamique des données. Cette fonctionnalité permet donc aux utilisateurs de contextualiser les informations temporelles liées aux accidents et aux aménagements, offrant ainsi une perspective chronologique essentielle pour la compréhension des tendances et des évolutions. Bien que les contraintes soient relativement souples, la priorisation des fonctionnalités, en particulier celle du curseur temporel et de l'intégration des tuiles photoréalistes, représente une directive claire pour garantir la pertinence et l'utilité de l'application.

3 Analyse Fonctionnelle

Solution proposée

La solution que nous proposons s'articule autour d'une application web, conçue pour répondre de manière exhaustive aux besoins spécifiques de Coexya. L'objectif central est d'offrir une plateforme permettant l'analyse ciblée des axes cyclables à risque, tout en intégrant des fonctionnalités axées sur l'amélioration continue et la sécurité des cyclistes.

L'aspect fondamental de notre solution réside dans la création d'une carte 2D interactive, mettant en évidence les zones accidentogènes. Un curseur temporel permet la visualisation de l'évolution du nombre d'accidents et de l'aménagement cyclable parisien au cours de ces dernières années. La plupart des objets figurant sur la carte sont cliquables pour obtenir les informations nécessaires.

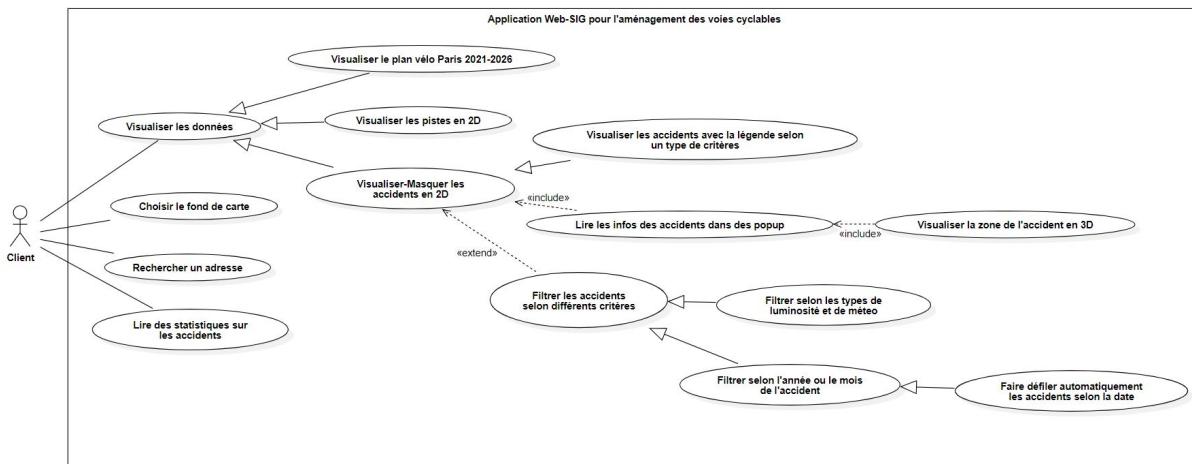


FIGURE 1 – Diagramme des cas d'utilisation

N'importe quel utilisateur de l'application peut décider de visualiser toutes les pistes cyclables et tous les accidents quelles que soient leurs informations. Il peut également, à partir de là, trier les accidents par année pour n'afficher que ceux qui correspondent à l'année voulue. Il a de plus, la possibilité d'utiliser un filtre ne montrant que certains accidents selon des caractéristiques sélectionnées (météo et luminosité). A chaque instant, il peut cliquer sur le point d'un accident pour visualiser via une fenêtre pop-up les données de ce dernier (luminosité, heure, type de piste sur laquelle a eu lieu l'accident...). Puis, en cliquant s'il le souhaite sur un bouton présent dans cette pop-up, lancer l'API Google Photorealistic Tiles pour observer les alentours de l'accident en 3 dimensions. Enfin, il est possible de visualiser des statistiques depuis le menu.

La bonne organisation de ces fonctionnalités induit la création d'une base de données, tout en réfléchissant aux champs les plus utiles à conserver, de manière à rendre les requêtes moins énergivores, dans l'optique d'un développement plus vert.

Cette carte sera enrichie par une option de visualisation 3D, exploitant les tuiles fournies par Google pour offrir des vues immersives. Cette fonctionnalité vise à améliorer la compréhension spatiale des données, facilitant ainsi l'identification précise des zones né-

cessitant des améliorations.

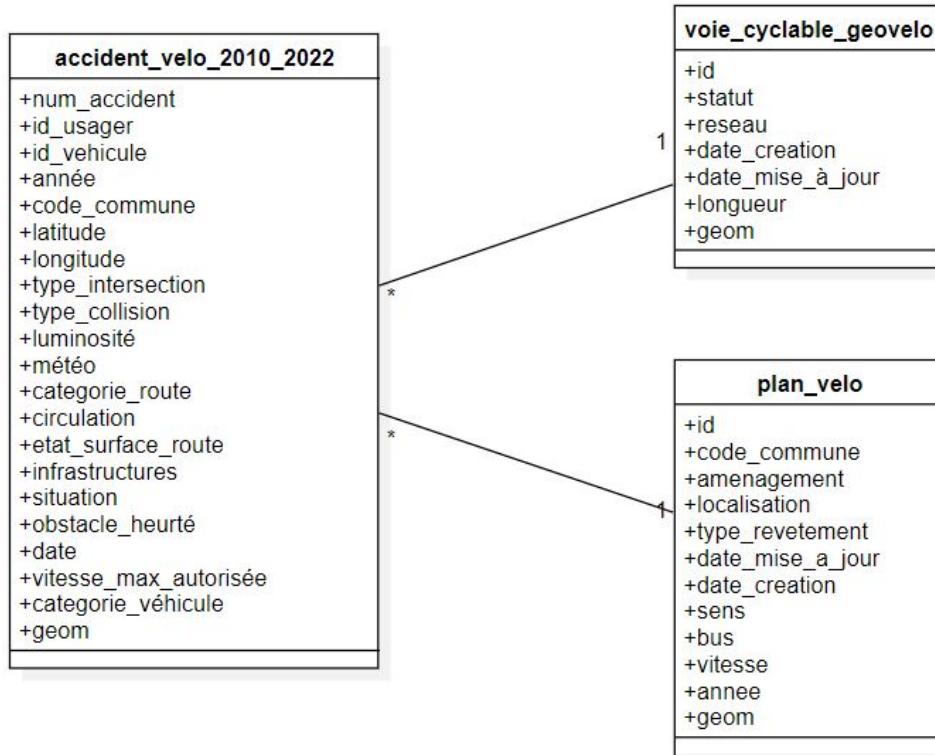


FIGURE 2 – Diagramme de classes

Afin de pouvoir répondre aux besoins spécifiques de l'entreprise nous avons construit un jeu de données adapté à partir de données OpenSource. Comme l'illustre le diagramme de classes ci-dessus, il s'agit de mettre en place trois couches distinctes : l'ensemble des accidents cyclistes renseignés de 2010 à 2022, les axes ciblés par le plan vélo 2021-2026 de la mairie de Paris et l'ensemble des aménagements cyclables déjà présents.

Tout d'abord, la table plan vélo 2021-2026 est directement issue du fichier mis à disposition par la mairie de Paris, sans traitements spécifiques supplémentaires. La construction de la table des voies cyclables s'est faite à partir des données proposées par l'application Géovélo qui présente et précise les différents axes cyclables et infrastructures présents sur le territoire métropolitain. Afin d'obtenir une information sur la date de construction des voies cyclables nous avons effectués des traitements en utilisant le fichier "tronçonneroute" de la BDTOPO. Dans l'objectif de représenter spatialement les accidents cyclistes, nous nous sommes inspirés de la plateforme Koumoul. Celle-ci propose une visualisation des accidents de vélo sur la période 2010-2018 selon la gravité. Koumoul utilise pour cette représentation des données provenant des fichiers BAAC. Ces derniers sont des CSV libres d'accès remplis par les forces de l'ordre pour tous types d'accidents signalés. Nous avons construit notre jeu de données en complétant la table de koumoul mise à disposition avec les fichiers BAAC non compris, afin de couvrir une période temporelle plus large. Par la suite nous avons allégé nos tables en conservant seulement les champs jugés utiles à notre

application web. Le choix de ces champs s'est fait en accord avec l'entreprise et dans l'optique d'avoir un affichage interactif des couches. Sur ce diagramme, nous pouvons observer des liens entre les tables, représentant des associations basées sur des relations "spatiales" plutôt que sur des "attributs en commun". Ainsi, chaque couche linéaire est superposée sous la couche des accidents.

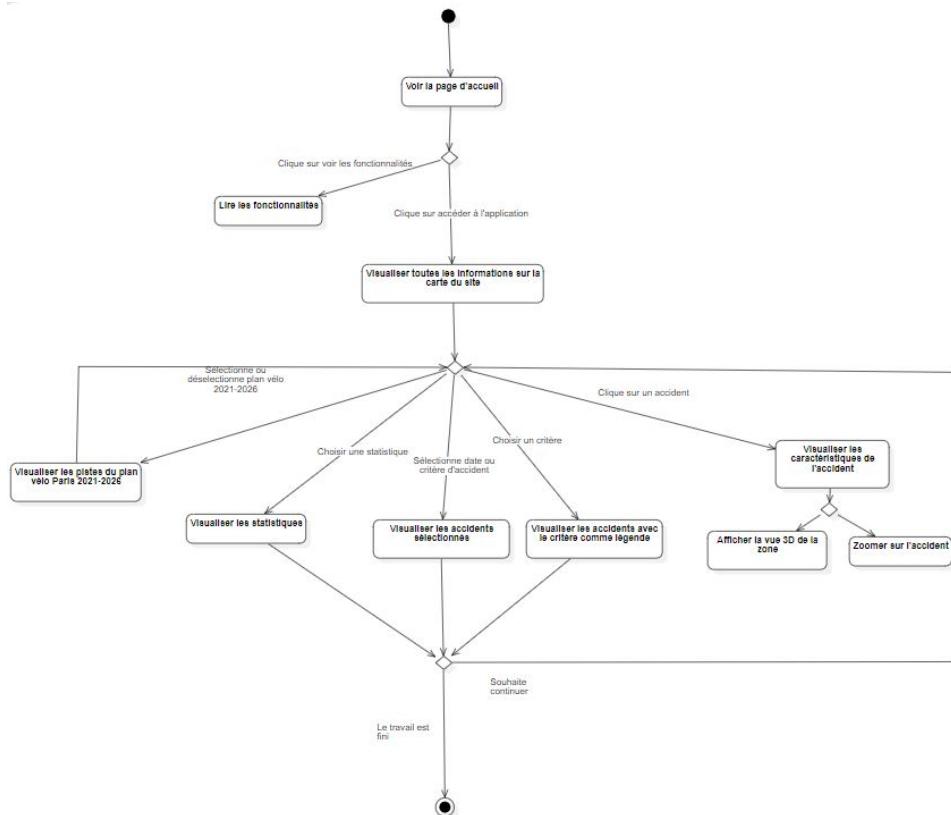


FIGURE 3 – Diagramme d'activités

A l'origine, l'utilisateur avait la possibilité, s'il disposait d'un compte, de s'authentifier dès le lancement de l'application Web. Suite à plusieurs réunions, les commanditaires n'ont finalement pas jugé utile de rajouter cette fonctionnalité. L'utilisateur visualise toutes les informations concernant les accidents et les pistes cyclables parisienne grâce à une carte visible dès le début. Il peut alors regarder plus en détail le type des pistes via une légende ou afficher l'avancement du Plan Vélo. Il a également la possibilité de sélectionner une année spécifique (ou un mois) à l'aide d'un curseur, qui affichera tous les accidents ayant eu lieu lors de ladite période. Ce curseur peut aussi être défilé automatiquement, à une vitesse définie par l'utilisateur, par l'intermédiaire d'un bouton de lecture. Aussi, l'utilisateur peut cliquer sur un accident pour lire les informations sur sa date, la luminosité (jour ou nuit), la météo, le type de piste cyclable, le sens de circulation et la limitation de vitesse. Il peut aussi cliquer sur un bouton présent sur cette pop-up pour visualiser en 3 dimensions le lieu de l'accident.

4 Etude Technique

La première étape du projet était de constituer une base de données. Nous avons choisi PostgreSQL pour gérer cette dernière en raison de son opérabilité avec les langages que nous avions choisis.

Le choix de PostgreSQL comme système de gestion de base de données (SGBD) repose sur sa bonne compatibilité avec le reste de l'application et l'absence de contrainte à son utilisation. Ces caractéristiques, en plus de l'extension PostGIS en font un choix idéal pour stocker les informations relatives aux axes cyclables et accidents, ce qui assure une gestion optimale des données.

PHP a été retenu pour la partie serveur en raison de sa facilité d'apprentissage, de déploiement rapide, et de son intégration simple avec PostgreSQL. En utilisant PHP, nous pouvons mettre en œuvre efficacement la logique métier de l'application, traiter les requêtes de l'utilisateur, et assurer une communication efficace avec la base de données.

En ce qui concerne la partie client, nos commanditaires nous avaient demandé une application web, ce qui a naturellement orienté notre choix vers le langage JavaScript. JavaScript est pris en charge par la grande majorité des navigateurs et assure une compatibilité avec les différents navigateurs web.

De plus, avec JavaScript en tant que langage de programmation côté client, il est possible d'optimiser la page pour la rendre plus légère, ce qui contribue à une consommation moindre de ressources lors de l'exécution sur le navigateur de l'utilisateur. Nous avons utilisé une extension de navigateur (GreenIT Analysis) permettant d'identifier certaines bonnes et mauvaises pratiques utilisées sur la page. Nous avons utilisé la librairie Leaflet pour la partie de visualisation 2D pour sa compatibilité avec de nombreuses plateformes, sa simplicité d'utilisation et sa bonne documentation.

Coexya nous imposait l'utilisation de l'API Google Photorealistic Tiles. Elle permet d'accéder à des tuiles cartographiques haute résolution et offre une expérience de visualisation bien plus réaliste. De plus, les données sont précises et à jour. Pour pouvoir inclure cette API à notre application, il fallait trouver une librairie centrée sur la visualisation spatiale de données sur le Web. Nous en avons trouvé plusieurs mais c'est CesiumJS qui était la plus axée sur la cartographie. Étant donné qu'elle est utilisée pour des simulateurs de vol, ou des expériences de visualisation au cœur des villes, nous avons pensé que CesiumJS était la meilleure option. L'utilisation combinée de Cesium et de l'API Google a pu permettre de créer une application de visualisation personnalisable, ce qui a été très pratique pour notre projet, notamment pour l'ajout d'un marqueur.

Nous avions pensé à utiliser uniquement CesiumJS en simulant une vue 2D en affichant les tuiles vues de haut. Nous avons néanmoins pensé en début de projet que le risque que constituait l'utilisation d'une librairie alors inconnue pour la totalité du projet était bien trop important. De plus, le chargement de données 3D aurait été plus lourd que de la vraie visualisation plane et sans intérêt particulier.

Nous avions l'intention d'utiliser Geoserver dans notre architecture pour garantir la gestion des données géospatiales. Cette composante n'était finalement pas la plus pratique et nous avons décidé d'afficher directement les géométries depuis la base de données.

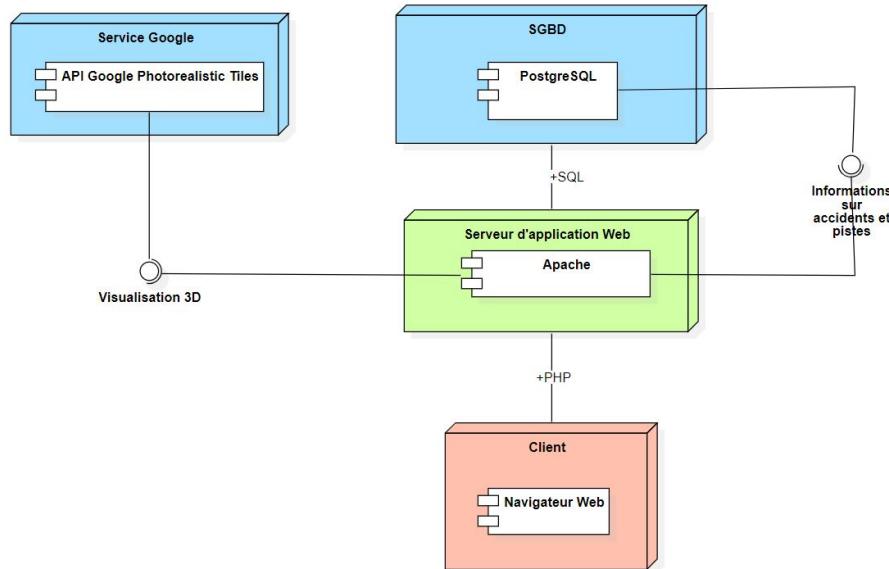


FIGURE 4 – Diagramme de composants

La couche client englobe l'interface utilisateur et la logique métier côté client. La couche serveur d'application héberge la logique métier, traitant les requêtes du client et gérant les interactions entre les différentes couches. Le SGBD, représentant la troisième couche, gère la persistance des données, notamment les informations relatives aux axes cyclables et aux accidents, en utilisant PostgreSQL avec l'extension PostGIS. Enfin, l'API Google constitue la quatrième couche, spécifiquement dédiée à la gestion des tuiles photoréalistes. Cette couche assure le chargement et l'affichage des tuiles, fournissant une représentation visuelle détaillée de l'accident et des environs. Elle enrichit l'expérience utilisateur en offrant des données cartographiques précises et à jour.

Cette structuration en 4 tiers offre une séparation des responsabilités, en facilitant l'optimisation des performances de chaque composant indépendamment.

4.1 Identité visuelle

Nous avons imaginé un nom pour l'application ainsi qu'un logo. Il a été décidé que l'application s'appellerait Safelane, de l'anglais "chemin sécurisé". Nous avons pensé qu'il s'agissait d'un titre approprié puisque notre application permet d'identifier les axes les moins dangereux ou ceux comportant le plus d'aménagements et peut ainsi oeuvrer à la sécurité des cyclistes.

Concernant le design du logo de l'application, celui-ci évoque avec la même palette de couleurs que celle du logo de l'entreprise commanditaire, un vélo au centre du plan de

Paris. Il s'agit d'un écho aux volontés de réellement mettre le vélo et les modes de transport verts au cœur de la capitale.



FIGURE 5 – Logo de l'application Safelane

4.2 Problèmes rencontrés

Le projet s'est globalement très bien conduit mais il est évident qu'il a soulevé différentes difficultés. Le tableau suivant met en évidence ces dernières ainsi que les solutions trouvées pour y pallier.

1 GESTION BDD	Prise de plus de temps, Identification des champs intéressants Développement en parallèle pour ne pas perdre de temps
2 MODE 3D ACCIDENTS	Se contenter d'un outil fonctionnel Lecture approfondie de documentation
3 GREEN IT	Mettre cet aspect au second plan en accord avec Coexya Lecture de documentation Code propre et optimisé
4 COMMUNICATION	Mise en place d'un canal de diffusion Réunions fréquentes avec les commanditaires
5 TEMPS	Concentration sur les tâches primaires Séparation du travail Phases de recette régulières en présentiel

FIGURE 6 – Tableau des difficultés rencontrées et solutions apportées

Concernant la base de données, sa construction a pris beaucoup plus de temps que prévu car nous avons du voir avec Coexya quels champs spécifiques les intéressaient et rassembler toutes les données dans une base utilisable. Nous avons néanmoins développé en parallèle pour ne pas perdre de temps, ce qui a permis de ne pas accumuler de retard.

4.3 Résultats

Notre application inclue donc la visualisation des axes cyclables dont la légende apparaît dans le menu déroulant. Les accident sont représentés sous la forme de clusters, puis de ponctuels à un niveau de zoom plus élevé. (cf : Figure 7)

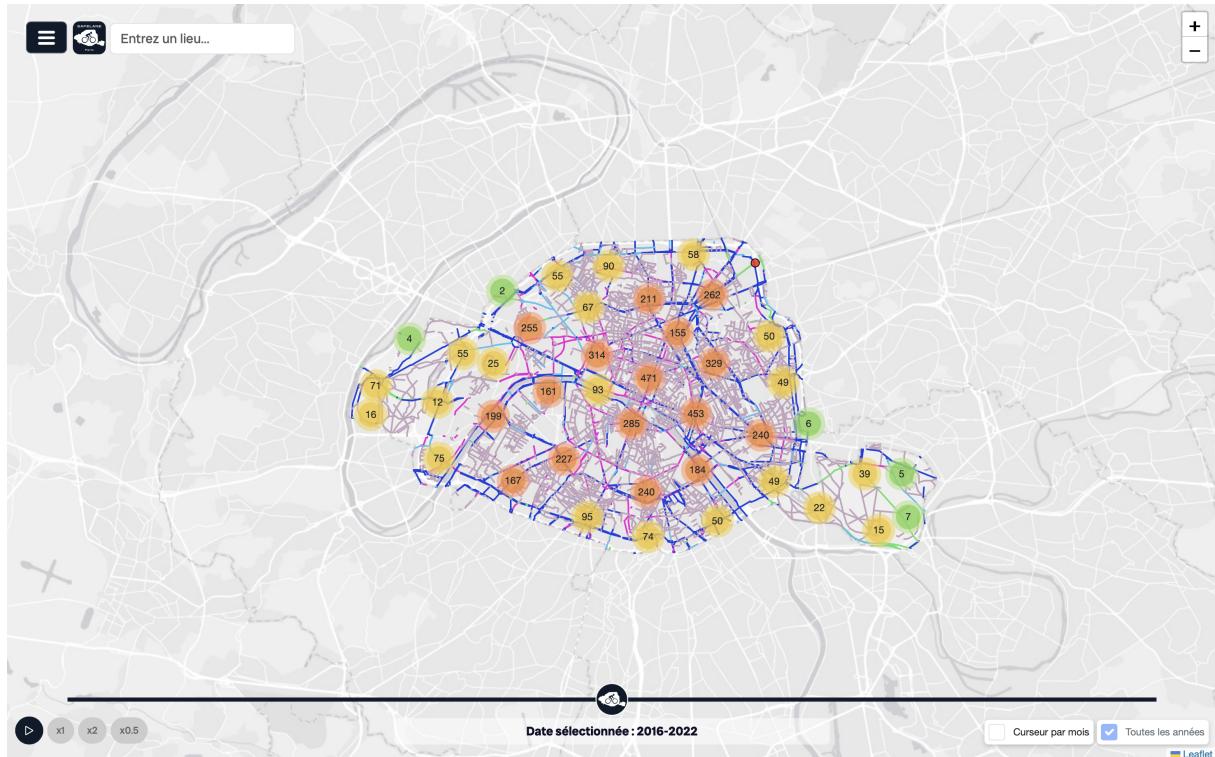


FIGURE 7

Grâce au nombre de champs présents dans la table des accidents, il est possible de changer la symbolologie de ces derniers ou de les sélectionner selon des caractéristiques telles que la météo, la luminosité, le type de route, l'état de celle-ci... La légende est dynamique et s'affiche en fonction de l'attribut sélectionné.

Au démarrage de l'application, par défaut, l'entiereté des accidents disponibles dans l'étendue temporelle de nos données. Le curseur temporel permet néanmoins d'afficher les accidents selon une année ou un mois défini par l'utilisateur. Il est aussi possible de lancer une visualisation dynamique à différentes vitesses de lecture. (cf : Figure 8)

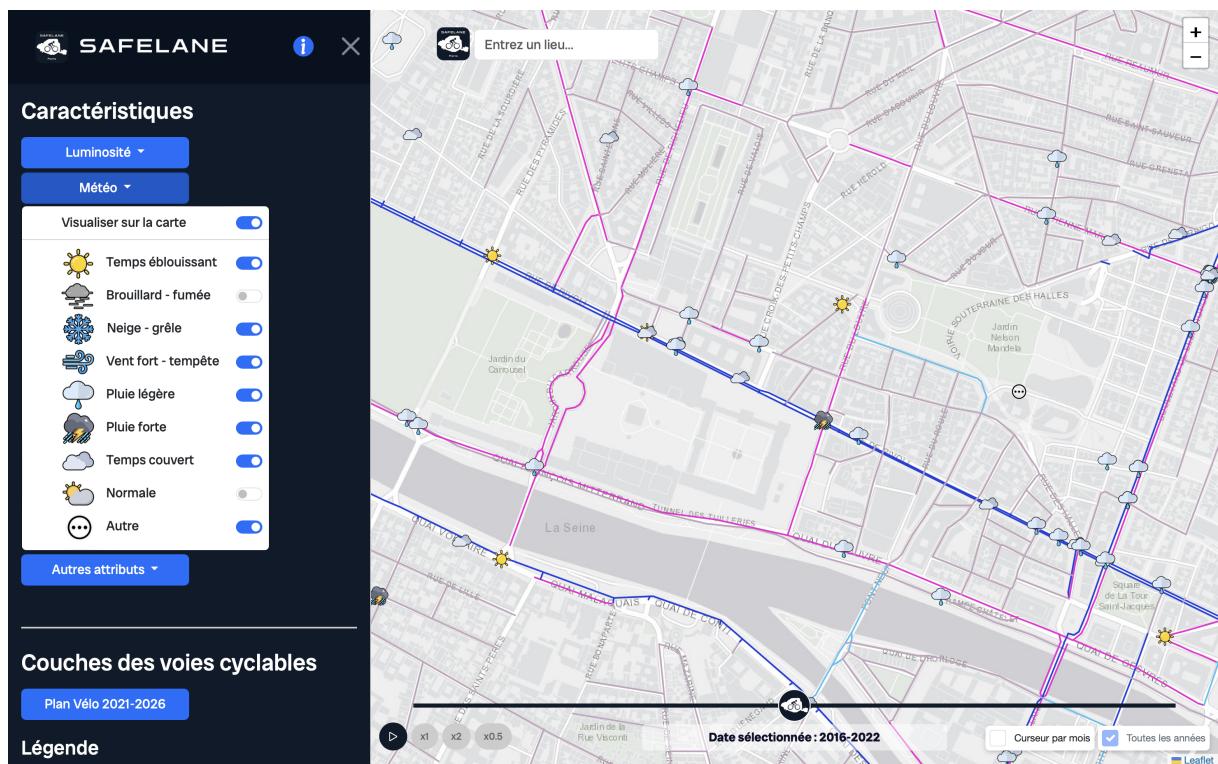


FIGURE 8

Il est également possible d'afficher diverses statistiques visuelles calculées sur l'ensemble du jeu de données. (cf : Figure 9)

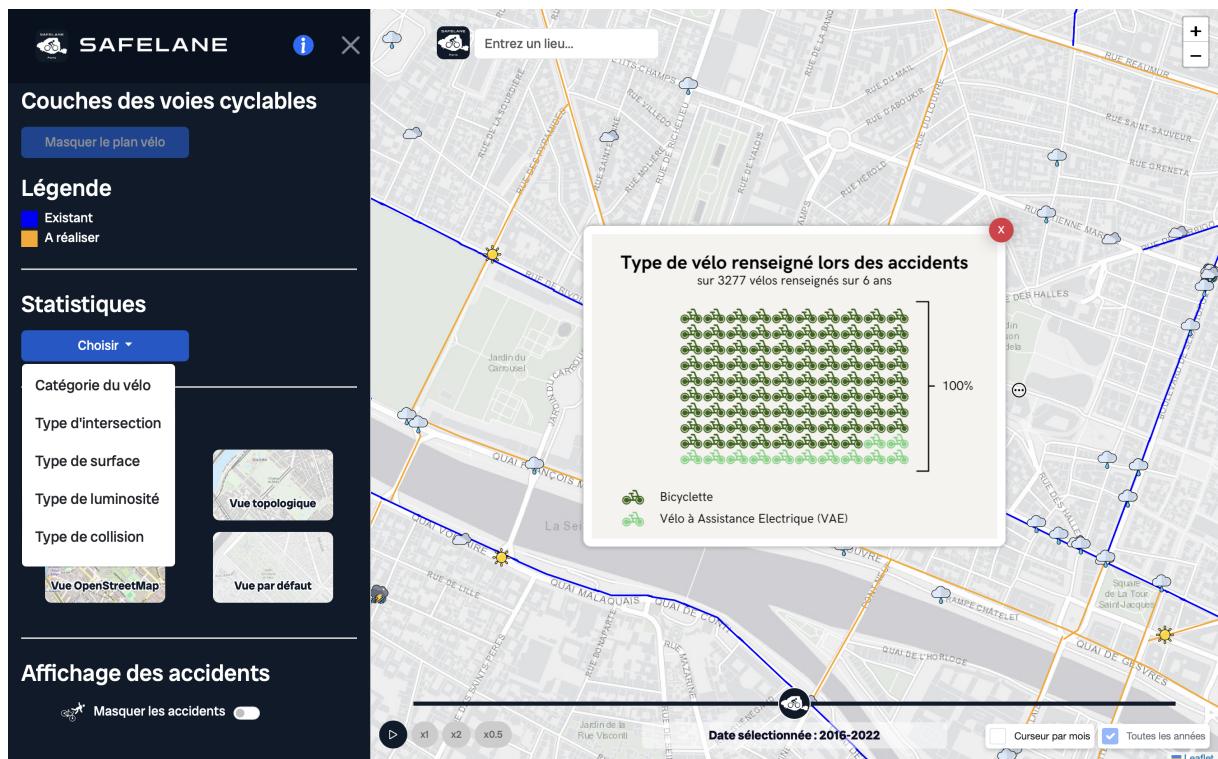


FIGURE 9

Lorsque l'on clique sur un accident en particulier, une fenêtre popup s'affiche et dévoile une multitude d'informations concernant l'accident ainsi que le bouton amenant à la visualisation 3D de la zone entourant l'accident. (Figures 10 et 11)

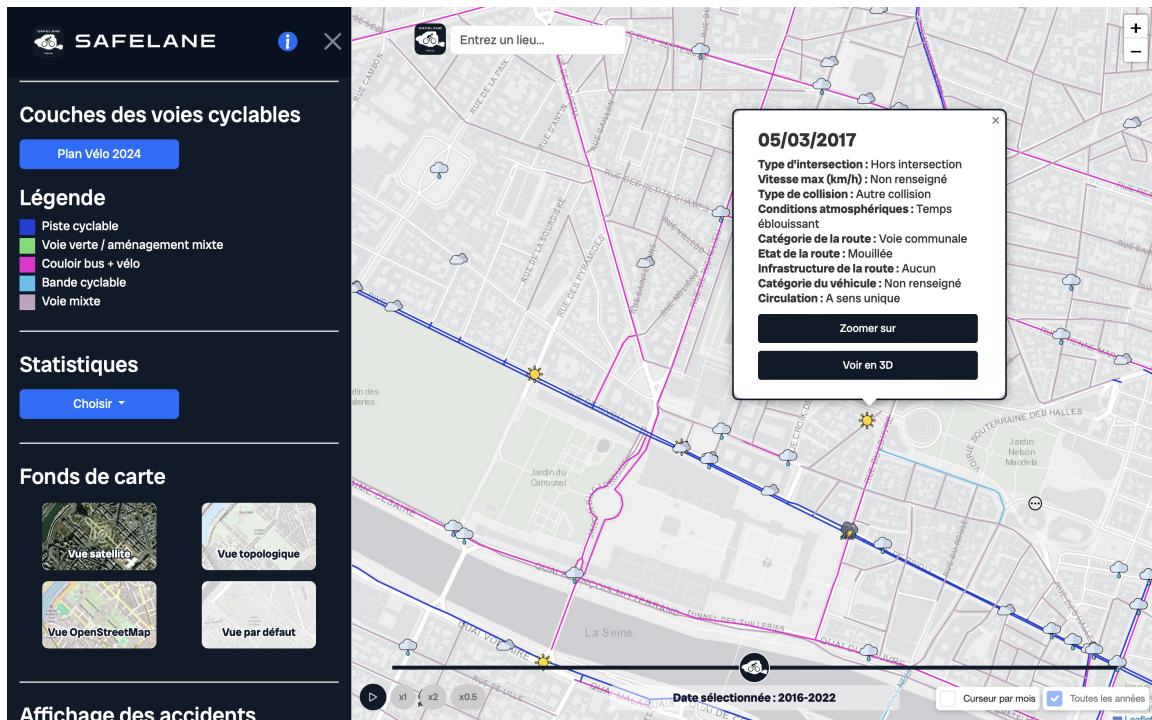


FIGURE 10

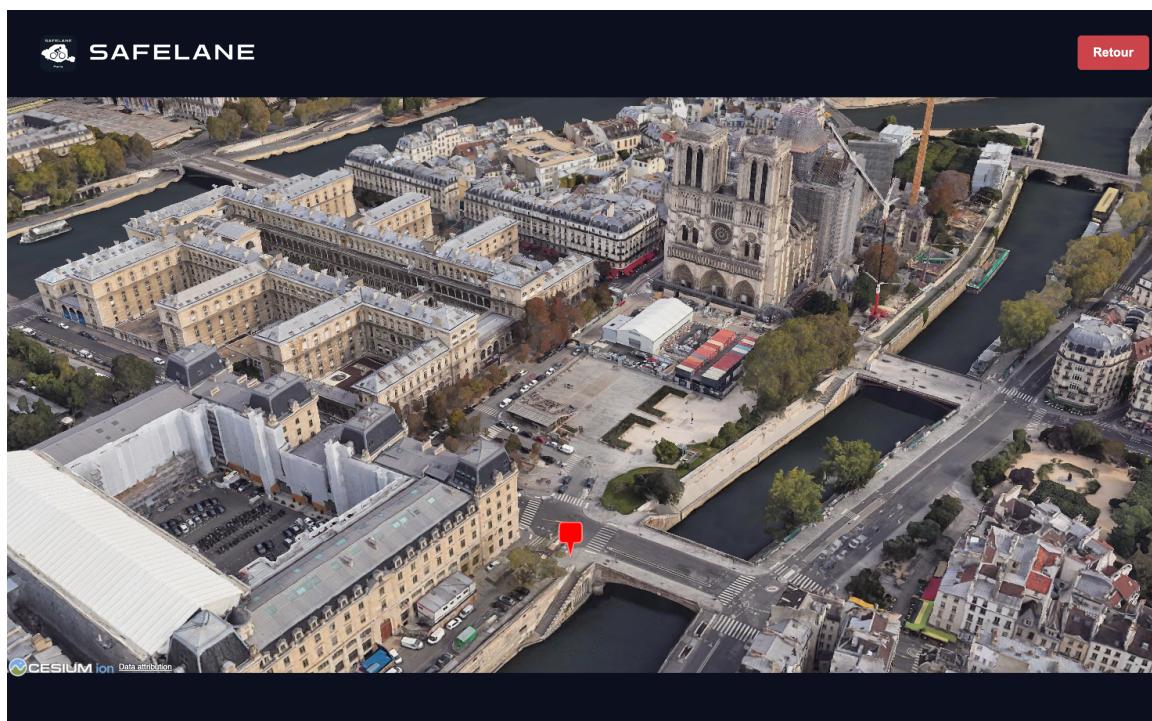


FIGURE 11

4.4 Perspectives d'amélioration

A l'issue de ce projet de seulement 3 mois, nous sommes satisfaits du résultat produit et notamment du fait qu'il soit en accord avec le cahier des charges du commanditaire.

Néanmoins, il est clair que si nous avions eu du temps supplémentaire, nous aurions pu développer certaines fonctionnalités que le commanditaire estimait annexes ou auxquelles nous avons réfléchi durant l'ensemble du projet.

- Optimiser l'aspect Green IT : Nous nous sommes sûrement attardés sur cet objectif qu'assez tard dans le projet et il est clair que des optimisations sont possibles, notamment via l'extension GreenIT Analysis.
- Créer un mode administrateur pour ajouter des données : Il s'agissait à l'origine d'une fonctionnalité importante que le commanditaire, au cours du projet, n'a pas jugé nécessaire d'entreprendre.
- Calcul d'itinéraires passant par les axes les moins accidentogènes : Nous avons imaginé en fin de projet nous servir d'une autre API Google pour faire du calcul d'itinéraire et pouvoir proposer les plus sécurisés pour les cyclistes.
- Mettre en place un système de calcul dynamique des statistiques selon l'emprise de la carte : L'intégration de statistiques globales sur l'application est une idée des développeurs qui l'ont soumise au jugement du commanditaire, l'ayant jugé intéressante. Lors de la phase de recette, ce dernier a néanmoins évoqué la perspective de statistiques dynamiques calculées selon la période, l'emprise de la carte sélectionnée...
- Afficher la couche des pistes sur le mode 3D, Permettre de sélectionner un accident spécifique selon la date au jour près ou autre champs sont autant d'autres idées pouvant enrichir l'application.

5 Réalisation et Suivi de Projet

5.1 Risques

Ci-dessous figurent les risques identifiés par l'équipe en amont du comité de pilotage de lancement. Pour chacun d'entre eux, un score allant de 1 à 5 définissait une probabilité de réalisation du risque, et le cas échéant, l'impact qu'il aurait eu sur le bon déroulé du projet. Le produit de ces deux facteurs nous donne un score permettant d'évaluer le niveau de risque, présenté dans la matrice des risques (figure 6).

Risque	Priorité				Remédiation
	Probabilité	Impact	Score	Evolution	
Temps insuffisant pour les fonctionnalités primaires	3	4	12	↘	Etablir des priorités, répartir les tâches
Temps insuffisant pour les fonctionnalités annexes	3	1	3	↗	Se concentrer sur les fonctionnalités principales
Mauvaise communication au sein de l'équipe	1	2	2	↘	Planifier des réunions, canal de communication
Mauvaise communication entre l'équipe et Coexya	1	4	4	↘	Planifier des réunions, canal de communication
Insuffisance des compétences techniques de l'équipe	2	4	8	↘	Entraide, lecture de documentation et répartition
Données insuffisantes	3	3	9	↘	Tester, visualiser et explorer au plus tôt
Maîtrise difficile de Google Photorealistic Tiles	4	4	16	↘	Lire de la documentation
Mauvaise réussite de démarche GreenIT	2	2	4	↗	Se renseigner sur les technologies vertes
Incident technique et perte de données	1	5	5	↘	Coder via GitHub et sauvegarder régulièrement

FIGURE 12 – Risques retenus au 11 Mars et actualisés.

La matrice des risques ci-dessous témoigne d'une tendance pour notre projet à présenter des risques en majorité peu probables, mais qui, s'ils se réalisaient, auraient pu avoir un fort impact sur la réussite de ce dernier. Néanmoins, la grande majorité des risques identifiés n'ont pas eu lieu à l'exception de l'inclusion dans la démarche GreenIT. Un risque supplémentaire avait été repéré : le dépassement du budget accordé par l'entreprise lié à l'utilisation de la clef API fournie. Ce risque a été considéré, et n'a finalement pas eu d'impact sur la réussite de l'application.

5.2 Planning prévisionnel

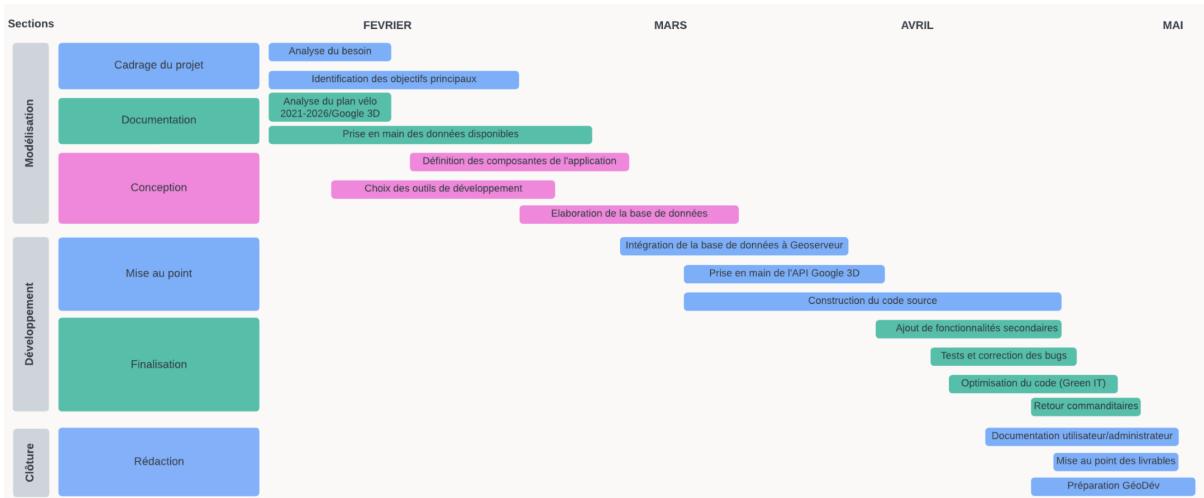


FIGURE 13 – Diagramme de Gantt.

5.3 Organisation

L'organisation mise en place était d'une grande importance pour la réussite du projet. La création d'un GitHub centralise et sécurise l'ensemble des travaux effectués par l'équipe. Cette plateforme offre une gestion efficace des versions, qui facilite le suivi des évolutions du code, des documents de recherche, ainsi que des synthèses produites. Son aspect collaboratif était essentiel pour la gestion du développement et l'archivage des différentes étapes de l'application.

Parallèlement, l'utilisation de Microsoft Teams s'est révélée judicieuse pour plusieurs raisons. En plus de fournir un espace de stockage supplémentaire pour les ressources et données, Teams offrait un canal de discussion instantanée, favorisant la communication en temps réel au sein de l'équipe. Cette fonctionnalité a été cruciale pour résoudre rapidement les problèmes, partager des idées et maintenir un flux d'information constant. De plus, la possibilité de réunions en visioconférence a pu faciliter les échanges avec le commanditaire, permettant une communication directe pour discuter des attentes, des ajustements et des feedbacks.

Le développement a été fait en partie en utilisant certaines méthodes agiles. Sans nous servir de tickets comme cela peut se faire sur Redmine, nous avons tout de même reçu des fonctionnalités à développer de nos clients et nous nous sommes répartis les tâches. De plus, une phase de recette a eu lieu relativement tôt dans le projet pour pouvoir montrer aux clients une première version de l'application et avoir des retours constructifs.

Tout cela nous a permis de travailler de manière itérative afin de livrer rapidement un premier prototype de l'application à nos commanditaires pour l'adapter en fonction de leurs retours. De plus, cette méthode a permis une communication plus régulière, ce qui a été idéal dans le cadre du projet de développement informatique.

5.4 Retours sur les attentes des commanditaires

En revenant sur les objectifs fixés en amont du projet par l'entreprise, nous pouvons constater que la grande majorité d'entre eux ont été atteints.

Objectif	Détail	Priorité (/10)	Etat
Application de visualisation de Paris	Application cartographique de Paris	10	Atteint
Visualisation des axes et accidents	Plan 2D de Paris avec accidents et axes cyclables	10	Atteint
Curseur temporel	Comparer des données dans le temps	8	Atteint
Visualisation des accidents en 3 dimensions	Afficher la zone d'un accident en 3D	8	Atteint
Respect des conventions GreenIT	Optimiser le projet pour le rendre plus vert	3	Partiel

FIGURE 14 – Etat des objectifs du projet