



ÉCOLE NATIONALE  
DES SCIENCES  
GÉOGRAPHIQUES

Ecole Nationale des  
Sciences Géographiques

—  
*Champs-sur-Marne, FRANCE*



INSTITUT NATIONAL  
DE L'INFORMATION  
GÉOGRAPHIQUE  
ET FORESTIÈRE

Institut National de  
l'information  
Géographique et  
forestière (IGN)

—  
*Saint-Mandé, FRANCE*



Université Gustave Eiffel  
(UGE)

—  
*Champs-sur-Marne, FRANCE*



*Module de Projet de Fin d'Etudes (PFE)*  
Ingénieur de 3<sup>ème</sup> année/Master 2,  
spécialité Technologies des Systèmes d'Information (TSI)

---

## TRIVIAL

---

### Auteurs · rices :

**Emma BOLMIN,**  
**Baptiste RIVIERE,**  
**Jonathan-Boris OUEDRAOGO et**  
**Maeve BLAREL**

**Commanditaires : Quentin BOUILLAGUET, Line GALLEN et Madec GERMERIE-GUIZOUARN**  
**Responsable pédagogique de la formation TSI : Victor COINDET**

20/03/2023 - 28/04/2023

ECOLE NATIONALE DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES  
6-8 Avenue Blaise Pascal - Cité Descartes - 77420 Champs-sur-Marne  
Téléphone 01 64 15 31 00 Télécopie 01 64 15 31 07

# **Remerciements**

---

Tout d'abord, nous tenons à remercier nos commanditaires Quentin BOUILLAGUET, Line GALLEN et Madec GERMERIE-GUIZOUARN, pour leur accueil, leur accompagnement, leurs conseils, leur écoute, leur aide, leur facilité d'échange et leur enthousiasme apportés. Egalement, merci de nous faire découvrir le monde professionnel, pour leur transmission de connaissances, leur partage d'expérience et le temps donné.

Merci à tous les professeurs contactés durant le module Projet de Fin d'Etudes pour leur enseignement et leurs recommandations tout au long de ce module.

Merci à tous ceux et toutes celles ayant participé, de près ou de loin, à la réussite de ce projet et aidé à l'écriture de ce rapport.

Un grand merci à Victor COINDET pour l'opportunité donnée de travailler sur ce projet.

# Résumé

---

Réalisé au sein de l’Institut national de l’Information Géographique et forestière et plus précisément du projet INONDATA, ce projet a pour objectif la réalisation d’une preuve de concept dédiée à l’aide à la prise de décision dans la gestion de crise Inondation. Ce prototype de la gestion de crise doit être intégrable à INONDATA. Le projet INONDATA est issu d’un programme Entrepreneurs d’Intérêt Général (EIG).

En effet, lors d’une inondation les différentes parties prenantes du risque inondation, tels que les services déconcentrés, les préfectures et les départements, doivent prendre des décisions. Dans cette réflexion, nous avons élaboré une plateforme permettant d'aider ces collectivités dans la gestion de la crise inondation (aider à la rédaction de PPRI avec les élus, acculturer au risque du grand public et des élus, aider à la gestion de crise, etc.).

L’objectif de ce projet est de permettre la visualisation 2D/3D et l’analyse de scénarios d’inondation, ainsi que le choix de paramètres pour comprendre les enjeux d’une telle crise. Les différents scénarios dégagés du risque Inondation sont les crues, les ruissellements ou les submersions marines. Les enjeux touchés (environnementaux, humains, infrastructures critiques, etc.) par différents scénarios d’aléas sont représentés.

Après une phase de découverte et de compréhension des données TRI et de BDD extérieures, le travail de ce projet a consisté à développer une solution informatique pour la gestion de la crise Inondation, permettant l’analyse, la comparaison et l’intervention des secours. En effet, la visualisation des inondations potentielles basées sur des données réelles et LiDAR HD devient possible. Nous avons fait appel au moteur de rendu de globe 3Ditowns

Des perspectives portent ce projet. Le visuel de ce projet et le calcul d’un itinéraire des secours en sont des exemples. En effet, le choix d’un itinéraire dans ces situations est primordial, pour l’intervention des secours.

L’ensemble des codes Javascript fonctionnels et commentés implantés au cours de ce projet est accessible via la plateforme d’intégration continue Github. Par conséquent, aucun script provenant du code source ne sera présenté au cours de ce rapport.

L’ensemble du rapport et des documentations ont été écrits au masculin pour améliorer la lisibilité.

**Mots clés :** IGN, INONDATA, TRI, PPRI, 3Ditowns, Javascript, programme informatique, scénarios, enjeux, inondation, itinéraire, intégration continue, LiDAR HD.

# Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Remerciements</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Glossaire des acronymes utiles</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>Introduction</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1 Contexte du projet</b>                                       | <b>8</b>  |
| 1.1 Le risque Inondation . . . . .                                | 8         |
| 1.2 Les mesures de prévention en France . . . . .                 | 8         |
| 1.3 Les projets INONDATA et TRivial . . . . .                     | 9         |
| <b>2 Objectifs de l'étude - Reformulation du besoin</b>           | <b>10</b> |
| 2.1 Les objectifs de l'étude . . . . .                            | 10        |
| 2.2 Le recueil du besoin . . . . .                                | 11        |
| 2.3 Les contraintes . . . . .                                     | 12        |
| <b>3 Les données</b>  | <b>13</b> |
| 3.1 Architecture des données . . . . .                            | 13        |
| 3.2 Traitement des données . . . . .                              | 14        |
| <b>4 Architecture de notre solution</b>                           | <b>17</b> |
| 4.1 Architecture générale . . . . .                               | 17        |
| 4.2 Le serveur de BDD, la couche de données . . . . .             | 18        |
| 4.3 L'interface, la couche de traitements . . . . .               | 18        |
| 4.4 L'application, la couche de présentation . . . . .            | 19        |
| <b>5 Réalisation et suivi de projet</b>                           | <b>20</b> |
| 5.1 Méthode Agile . . . . .                                       | 20        |
| 5.2 Environnement de développement et langages utilisés . . . . . | 20        |
| 5.3 Analyse et stratégie : La Matrice SWOT . . . . .              | 20        |
| 5.4 La gestion des risques . . . . .                              | 21        |
| 5.5 Planning Prévisionnel . . . . .                               | 21        |
| <b>6 Résultats et Améliorations</b>                               | <b>23</b> |
| 6.1 Solutions implémentées et fonctionnelles . . . . .            | 23        |
| 6.2 Améliorations . . . . .                                       | 26        |
| <b>A List of images</b>   | <b>30</b> |
| <b>B List of tables</b>   | <b>31</b> |
| <b>C Tableau des risques</b>                                      | <b>32</b> |
| <b>D Diagramme de GANTT</b>                                       | <b>34</b> |

# Glossaire des acronymes utiles

---

**API** Interface de Programmation d'Application. Est une interface qui permet de connecter plusieurs logiciels ou services entre eux.

**BDD** Base De Données.

**ENSG** École Nationale des Sciences Géographiques.

**ETL** Extract Transform Load ou Extraction, Transformation et Chargement. C'est le processus qui consiste à combiner les données provenant de plusieurs sources dans un grand référentiel central appelé entrepôt des données. Evaluation préliminaire des risques (EPRI) :

**EPRI** Evaluation Préliminaire des Risques. Recensement des évènements historiques et production d'indicateurs sur les différents enjeux.

**FME** Feature Manipulation Engine. C'est un logiciel de type ETL, spécialisé en donnée géographique vectorielle et image.

**JavaScript** Langage de programmation de scripts principalement employé dans les pages web interactives et à ce titre est une partie essentielle des applications web.

**IDG** Infrastructure de Données Géographiques.

**IGN** Institut national de l'information géographique et forestière.

**INONDATA** Outil de visualisation 3D pour les services déconcentrés de l'État.

**Itowns** Itowns est un framework écrit en Javascript/WebGL pour la visualisation de données géographiques 3D et de mesures 3D précises.

**LiDAR HD** Les données LiDAR HD sont en particulier des nuages de points recalés, bruts ou classifiés, et des modélisations numériques 3D (MNT, MNS, MNH...) de Haute Définition.

**Open source** Les termes Open source, Open data signifient « données ouvertes ». Cela consiste à rendre les données accessibles, réutilisables et redistribuables. Les données Open Source sont des ressources utilisables sous licence libre de droits.

**PFE** Projet de Fin d'Etudes.

**PGRI** Plans de Gestion des Risques d'Inondation.

**PPR** Plan de Prévention des Risques qui vise en premier lieu à maîtriser l'urbanisation en zone inondable.

**PPRI** Plan de Prévention des Risques naturels d'Inondation. C'est un plan de prévention des risques spécifique aux inondations. Il émane de l'autorité publique.

**SEVESO** Les sites Seveso produisent ou stockent des substances pouvant être dangereuses pour l'homme et l'environnement. Ils sont soumis à une réglementation très encadrée qui vise à identifier et à prévenir les risques d'accident pour en limiter l'impact.

**SI** Système d'Information.

**SIG** Systèmes d'Information Géographique. C'est un outil d'information qui permet de relier des données à une carte et d'attribuer des informations descriptives à une donnée de localisation :

## **6 TABLE DES MATIÈRES**

---

on peut ainsi positionner tous les éléments et scénarios produits sur la Terre. Les données à référence spatiale sont produites, analysées et cartographiées au moyen de logiciels informatiques et d'outils constamment innovants. Les données géographiques sont ainsi restituées sous forme de cartes, accessibles à un grand nombre de personnes pour un large éventail d'applications. Les SIG sont utilisés dans les secteurs publics et privés tels que les entreprises, les écoles, les administrations ou les collectivités locales. Ils permettent de réaliser des études dans de nombreux domaines tels que l'étude de l'impact d'une construction, l'organisation du territoire, la gestion des réseaux ou la protection civile afin de mieux comprendre les grands enjeux auxquels nous devons faire face aujourd'hui.

**SLGRI** Stratégies Locales de Gestion des Risques d'Inondation.

**TRI** Territoire à Risque d'Inondation.

**TSI** Technologies des Systèmes d'Information. Une filière de Master 2/de troisième année d'Ingénieur de l'ENSG - Géomatique.

# Introduction

---

Dans le cadre de la formation de Master 2/Ingénieur de 3<sup>ème</sup> année des Technologies des Systèmes d'Information (TSI) de l'ENSG – Géomatique (Ecole Nationale des Sciences Géographiques) de Champs-sur-Marne, nous réalisons un Projet de Fin d'Etudes (PFE). S'intégrant dans le projet INONDATA de l'IGN, le PFE est un moment important dans notre scolarité. En effet, le temps et l'application consacrés à ce projet sont conséquents. Nous acquérons des compétences techniques et organisationnelles ainsi qu'une ouverture sur le monde professionnel et sur la transversalité opérationnelle de la géomatique. Ce projet d'équipe s'intitule : TRIVIAL. Les entités commanditaires engagées dans ce projet sont l'IGN avec les interventions de Quentin BOUILLAGUET, Madec GERMERIE-GUIZOUARN et Line GALLE. Ce projet INONDATA se déroule sur 10 mois. A sa moitié, nous l'intégrons pour réaliser une preuve de concept. A travers ce projet, les commanditaires s'interrogent sur la gestion des risques et notamment sur la visualisation de divers scénarios lors d'un aléa pour en étudier les enjeux. Nous proposons une plateforme pour répondre à ce besoin présent dans les préfectures lors de la gestion d'une crise. Une version finale sera présentée à la fin du projet, fin avril.

Notre groupe TRIVIAL se compose de Emma BOLMIN, Jonathan-Boris OUEDRAOGO, Baptiste RIVIERE et Maeve BLAREL. Du 20 mars au 28 avril 2023, nous avons réalisé le projet expliqué ci-après.

Au travers de ce rapport, après une mise en contexte, nous vous présenterons une étude des objectifs. Puis, nous nous pencherons sur l'analyse fonctionnelle du projet. Ensuite, nous réaliserons une étude technique de notre preuve de concept. Enfin, nous terminerons par la présentation des outils de gestion de projet utilisés dans le cadre du projet TRIVIAL, pour finir sur les perspectives et améliorations de ce projet.

# CONTEXTE DU PROJET

---

L'étude s'inscrit dans le cadre du projet EIG INONDATA. Les commanditaires de cette étude sont Quentin BOUILLAGUET, Line GALLEN et Madec GERMERIE-GUIZOUARN pour l'IGN. Ce projet est réalisé par quatre élèves de Master 2/ troisième année d'Ingénieur spécialité TSI de l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques (ENSG - Géomatique).

## 1.1 Le risque Inondation

Comme pour tout risque, on peut définir le risque Inondation par une combinaison de deux facteurs : les aléas et les enjeux. Dans notre cas, les aléas concernent les crues ou les inondations en elles-mêmes. C'est la possibilité que se produise un événement impliquant une perturbation de l'équilibre d'un milieu. Les inondations peuvent notamment être causées par des crues (débordement de cours d'eau), par ruissellement, par submersion marine ou par débordement des eaux souterraines. Les prévisions, calculées par les études sur les zones à risque, distinguent, en général, trois scénarios :

- Faible probabilité de crue/d'inondation (millénale) ;
- Moyenne probabilité de crue/d'inondation (centennale) ;
- Forte probabilité de crue/d'inondation (décennale).

Les enjeux sont définis par les infrastructures menacées par un aléas Inondation. Il peut par exemple s'agir de bâtiments accueillant un certain public (écoles maternelles, hôpitaux) ou de sites SEVESO (centres industriels dangereux listés par une directive européenne). Ces enjeux ont différentes thématiques (humaine, économique, patrimoniale) et ainsi différentes priorités.

Un aléa sans enjeux n'est pas un risque important, par exemple une tornade dans un endroit désertique n'a pas de conséquences. Mais en France, 17.1 millions d'habitants sont exposés aux conséquences d'inondations par débordement de cours d'eau. Ils sont 1.4 millions pour la submersion marine. De plus, les crues peuvent être très rapides en montagne, sur la côte ou dans le sud. Le coût économique du risque inondation est également à prendre en compte puisqu'il est estimé à 520 millions euros/an (source : théma). On constate ainsi que le risque en France est très élevé et qu'être en mesure d'agir promptement en cas de crise est très important.

## 1.2 Les mesures de prévention en France

Les PPR visent en premier lieu à maîtriser l'urbanisation en zone inondable : l'objectif est d'une part de limiter l'exposition de nouvelles populations ou activités à un risque Inondation, et d'autre part de préserver les zones d'expansion des crues afin de ne pas aggraver les risques d'inondation sur d'autres territoires. Le cadre légal PPRI contrôle la qualité des cartes qui comprennent les informations liées au territoire (type/absorption sol, hydrométrie, etc.). Ces cartes PPRI sont mises en place en concertation entre les services déconcentrés et les élus locaux (collectivités territoriales et établissements publics de coopération intercommunale) puis sont validées par le préfet.

En complément, la directive inondation est une directive européenne ayant pour but de fournir un cadre pour réduire les conséquences des inondations sur la santé, l'économie, l'environnement et le patrimoine. Son application concrète se déroule tous les 6 ans pour chaque district hydrographique dans un cycle de trois étapes :

- Evaluation préliminaire des risques (EPRI) : recensement des évènements historiques et production d'indicateurs sur les différents enjeux ;
- Choix des territoires à risques importants d'inondation (TRI) ;
- Cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation sur les TRI ;
- Plans de gestion des risques d'inondation (PGRI) appliqués en détail pour chaque TRI en stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI).

### 1.3 Les projets INONDATA et TRIvial

Le programme « entrepreneurs d'intérêt général » (EIG) vise à ouvrir l'administration publique à des talents du numérique pour résoudre des défis relatifs au secteur public en 10 mois. Au sein de l'Institut Géographique National (IGN) le « défi » relevé vise à « représenter et valoriser à façon les géocommuns numériques ». C'est dans ce cadre que le projet INONDATA est né, porté par Quentin BOUILLAGUET, Line GALLEN et Maxime ALLAIN. Leur objectif étant de développer un outil utile aux décideurs comme les préfets en cas d'inondation. Ils ont pour cela rencontré les acteurs relatifs spécialistes des inondations et services déconcentrés de l'état en relation avec les inondations.

A l'issue du Master 2/de la troisième année d'Ingénieur Technologies des Systèmes d'Information (TSI) de l'ENSG-Géomatique, un Projet de Fin d'Etudes de géomatique est réalisé par groupe de quatre élèves. Il vise à mettre en œuvre les connaissances acquises en développement et en géomatique dans un projet concret de six semaines. Le sujet choisi par les rédacteurs de ce rapport a été proposé par Quentin BOUILLAGUET. Il vise à mettre en place une solution pour faciliter la gestion de crise en cas d'inondation permettant la priorisation d'action en fonction de scénarios de risques. S'agissant principalement d'une application de visualisation des données TRI pour faciliter la prise de décision, la solution a été nommée « TRIvial ».

# OBJECTIFS DE L'ÉTUDE - RE- FORMULATION DU BESOIN

CHAPITRE  
**2**

## 2.1 Les objectifs de l'étude

L'objectif du projet TRIVIAL est de développer un outil de visualisation des données relatives au risque Inondation en apportant une plus-value par la dimension 3D.

Il s'agit concrètement d'aider la prise de décision des décideurs des différentes parties prenantes du risque inondation, tels que les préfectures et les départements. Par exemple, lors d'une inondation où le · la préfet · ète, qui a le rôle de gérant · e de crise, doit alors prendre les bonnes décisions le plus rapidement possible, comme évacuer un hôpital malgré les risques et les coûts. Pour cela le · la préfet · e s'appuie sur les données fournies par les services déconcentrés de l'État, notamment les données TRI. Ces données étant, la plupart du temps, visualisées en 2D, leur lecture est rendue plus facile par l'apport de la 3D.

Une majeure partie du travail réalisé portait sur les différentes étapes avant l'affichage des données qui sont des tâches de développement que nous nommerons backend :

- Le choix des données est effectué à partir de celles fournies par TRI ainsi que celles d'autres Systèmes d'Informations (SI) qui pourront y être associées ;
- La préparation des données consiste à sélectionner les informations pertinentes dans chaque SI avant de recouper les Bases De Données (BDD) entre elles. Cela a permis d'affiner l'information, par exemple de recouper les données TRI avec la BD TOPO de l'IGN pour ne montrer que les bâtiments de plein pied parmi les bâtiments submergés ;
- Un système de stockage et un outil de traitement ont également été mis en place, via une API ;
- La visualisation des données doit être la plus claire possible et doit correspondre aux priorités de l'utilisateur. Il doit ainsi être possible de filtrer les données par type d'enjeu (humain, patrimoine, économique, etc.).

Concernant l'affichage des données, on parlera de tâches du frontend :

- Un affichage visuel cohérent pour la sélection et le filtrage des différents paramètres (enjeux, scénarios, etc.) est important. L'enregistrement et l'importation de filtres de paramètres a également été réalisé ;
- Les données liées aux enjeux (bâtiments, routes, etc.) doivent être interactives aux choix et utilisations de l'utilisateur · rices. Un affichage visuel cohérent et des informations ont été mises en place.

Dans cette partie, nous nous intéressons aux objectifs de l'étude et aux besoins des utilisateurs · rices. L'objectif majeur du projet est l'apport d'une visualisation concernant la gestion des risques. Ils concernent la visualisation de données liées au risque Inondation, notamment via l'apport de la 3D. Aujourd'hui, il y a un réel besoin d'outils pour la gestion de crise au niveau des préfectures. C'est sur le développement d'un prototype que notre travail s'est fait. Après une première étude des données TRI, BP TOPO et SEVESO, nous avons pu nous questionner sur le contenu de notre preuve de concept (quelles données représenter ?, quelles données nécessaires à des calculs ?, quelle manipulation l'utilisateur · rice pourra-t-il faire ?, quelle choix l'utilisateur · rice aura ?, etc.). Ensuite, nous avons pu débuter le développement, l'implémentation de notre solution avec une connaissance des données. Nous avons avancer en collaboration et en lien avec nos commanditaires. Ainsi, voici les objectifs auxquels nous avons pu répondre : Concernant à la pré-phase :

- Effectuer un Benchmarking en réalisant l'état de l'art et la recherche de données à recouper. Des spécifications techniques ont été rédigées pour définir le contenu, les données à transmettre, mettre en avant, faire voir ;
- Comprendre les données qui ont été implémentées ainsi que leurs outils de manipulation ;
- Traiter les données à recouper pour la mise en place d'une Base De Données (statique ou non) ;

Relativement au développement du prototype :

- Mettre en place des données 3D, un template à l'aide d'Itowns ;
- Gérer (sélection et visualisation) les divers scénarios selon un aléa ;
- Gérer (sélection et visualisation) les divers enjeux/impacts ;
- Gérer la sélection de paramètres supplémentaires liés aux enjeux ;
- Mettre en place un visuel global cohérent et définir la forme par laquelle sont présentées les données, c'est l'architecture technique de notre solution.

Notre réalisation est un prototype qui sera ensuite implémenté par des professionnels et peut-être utilisé par des acteurs · rices de la gestion de crises. Nous avons alors pensé à documenter correctement et précisément notre code. Il a fallu penser à la réutilisation et la transmission de notre code :

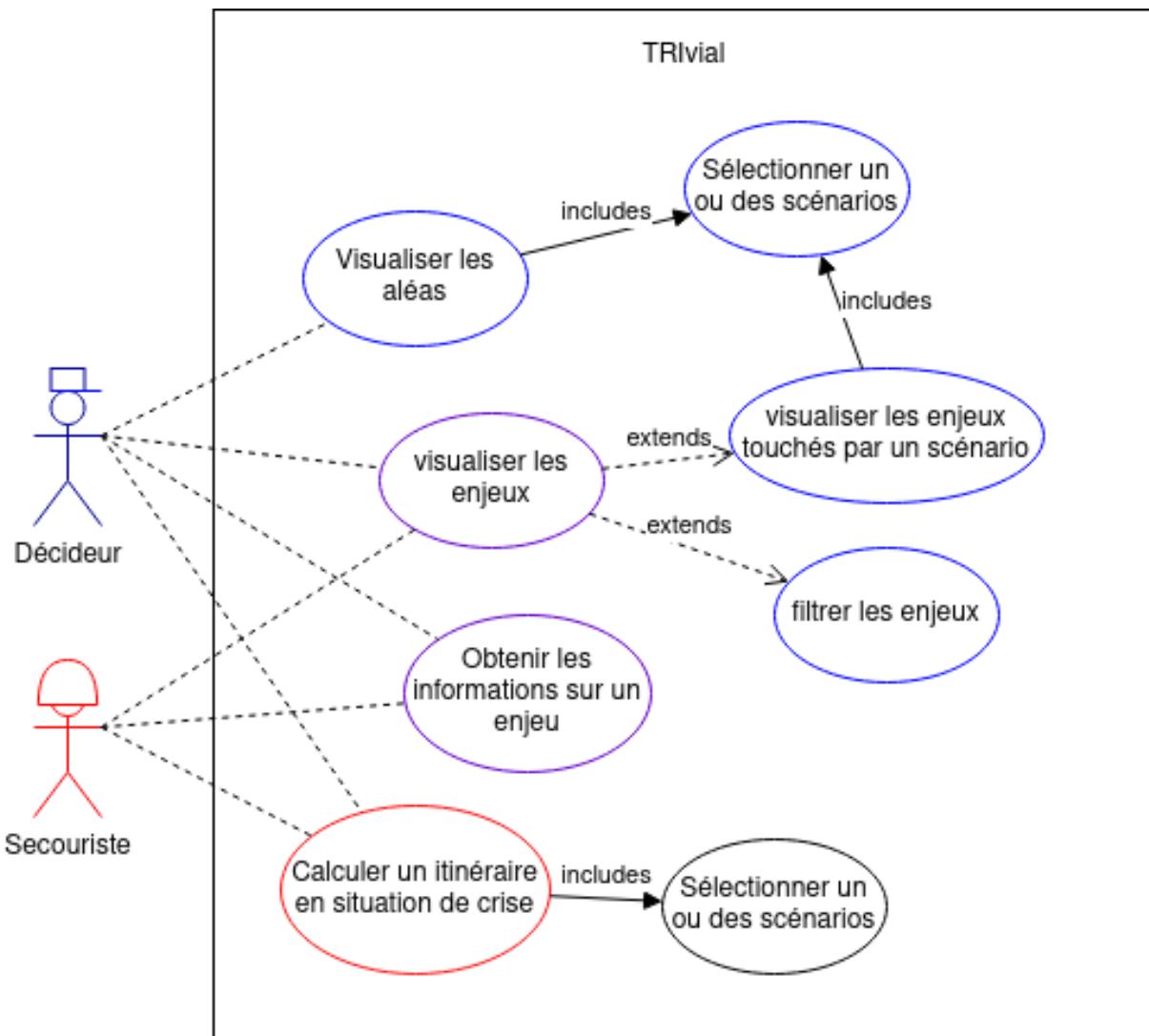
- Rendre la solution réutilisable, implantable par d'autres personnes et rédiger les spécifications techniques relatives aux données.

De plus, d'autres améliorations non réalisées sont présentées à la fin de ce rapport. Elles pourront être réalisées dans la suite du projet INONDATA.

## 2.2 Le recueil du besoin

Il est important d'identifier les différents acteurs · rices du projet. Dans notre cas les utilisateurs · rices finaux · les sont des décideurs · euses au sein des préfectures, des responsables des parties prenantes à la gestion de crise Inondation et des secouristes. Ces données permettent à ces professionnels du territoire de prendre des décisions adaptées à la gestion de crise.

Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous permet de modéliser les actions des différents · es utilisateurs · rices avec le système.



### 2.3 Les contraintes

Dans un premier temps, les essais se font sur un seul Territoire à Risque d'Inondation (TRI) pour simplifier l'étude. Une finalité serait de passer à l'échelle du territoire national et de ne visualiser que les données concernées.

Concernant les technologies utilisées nous avons dû utiliser le Framework de l'IGN « Itowns » pour la visualisation web 3D.

D'autre part, même si nous n'avons pas eu l'occasion d'en manipuler, la question des données sensibles est importante dans la gestion de crise. Nous avons du utiliser les données avec un regard critique, notamment sur les espaces de travail partagés.

Les outils de traitement des données et les technologies de développement restaient libres. Nous avons été libres d'utiliser des fichiers statiques ou des Bases De Données avec PostGIS ou encore de faire appel aux chaînes de traitements QGIS ou FME.

Pour finir, le temps représente une dernière contrainte, nous avons du apporter une solution pour le 28 avril, soit une durée totale de 6 semaines pour la réalisation du projet.

# LES DONNÉES

---

## 3.1 Architecture des données

### 3.1.1 Sources

Les données utilisées par notre application ont pour principale source les **données TRI**, produites par les pouvoirs publics et disponibles en open source. Ces données sont alors recoupées et enrichies par celles d'autres sources, spécifiées dans les données TRI. Ces Bases de Données dites **BDD extérieures** sont principalement la BD TOPO, les sites Seveso, les BDD de l'INSEE, celles de FINESS et de MENJVA respectivement concernant la santé et l'enseignement. Les BDD extérieures apportent des informations attributaires quantitatives. Les données sont au format ESRI shapefile (TRI, BD TOPO) ou au format csv (MENJVA, FINESS).

### 3.1.2 Zone d'étude

La zone d'étude choisie pour tester notre solution est la ville de Paris (75), elle permet d'accéder à une grande quantité de données.

### 3.1.3 Base de Données

Après avoir étudié ces données, différentes classes ressortent. Nous en avons créés des tables. Elles sont listées ci-dessous :

— **Les scénarios :**

Ils regroupent les données de couverture issues des scénarios d'inondations. Ces scénarios sont calculés selon une période de retour de 10 ans, 100 ans ou de 1000 ans. Trois scénarios/Trois probabilités d'aléas sont distingués : faible probabilité de crue/d'inondation (millénaire), moyenne probabilité de crue/d'inondation (centennale), forte probabilité de crue/d'inondation (décennale). Cette table comprend les informations attributaires et géographiques propres à chaque scénario.

— **Les enjeux :**

Ce sont les ouvrages urbains situés dans le territoire à risque d'inondation, ainsi que les populations et la politique liées à ces ouvrages. Chaque objet d'une table d'enjeu représente un élément du territoire sur lequel un scénario peut avoir un impact, c'est-à-dire un bâtiment ou un réseau sur lequel une inondation, une crue ou une submersion marine peut avoir lieu. Au sein de ces enjeux, on distingue différents types. Chaque type d'enjeu représente une table. Nous nous concentrerons sur les enjeux présents sur le territoire de Paris, ce sont les suivants :

— **Administration :**

Cet enjeu comprend les bâtiments liés aux services administrations de l'Etat telles que les mairies et les préfectures ;

- **Défense :**  
Cette table prend en compte les casernes de pompiers, les commissariats et gendarmeries et les prisons ;
- **Enseignement :**  
Il s'agit des enseignements primaires et secondaires comme les écoles, les collèges et les lycées, qu'ils soient publics ou privés ;
- **Industrie :**  
Il regroupe les sites d'industrie, les commerces, les carrières, les ports et les aéroports, le tourisme (ex : camping), l'agriculture et les activités futures ;
- **Patrimoine :**  
Cette table rassemble le patrimoine de manière générale, tels que les musées ou les lieux de cultes ;
- **Santé :**  
Cet enjeu représente les ouvrages et leur population liés au sanitaire et au social. Il s'agit, par exemple, des maisons de retraite et des hôpitaux ;
- **Réseau de transports :** Ce sont les données linéaires comme les autoroutes, les routes de liaison principales et régionales ou encore les voies ferrées principales. Cet enjeu parle également des données surfaciques telles que les gares ;
- **Autre :**  
Cet enjeu réunit d'autres enjeux utiles et sensibles à la gestion de crise.  
D'autres enjeux, non présents sur le territoire parisien, sont à prendre en compte :
- **Enjeux Seveso :**  
Cet enjeu regroupe les installations Seveso et nucléaires. Il s'agit des sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs.

## 3.2 Traitement des données

L'objectif des traitements est d'enrichir et de réorganiser l'information pour faciliter son utilisation dans l'application.

Les étapes de traitements sont les suivants :

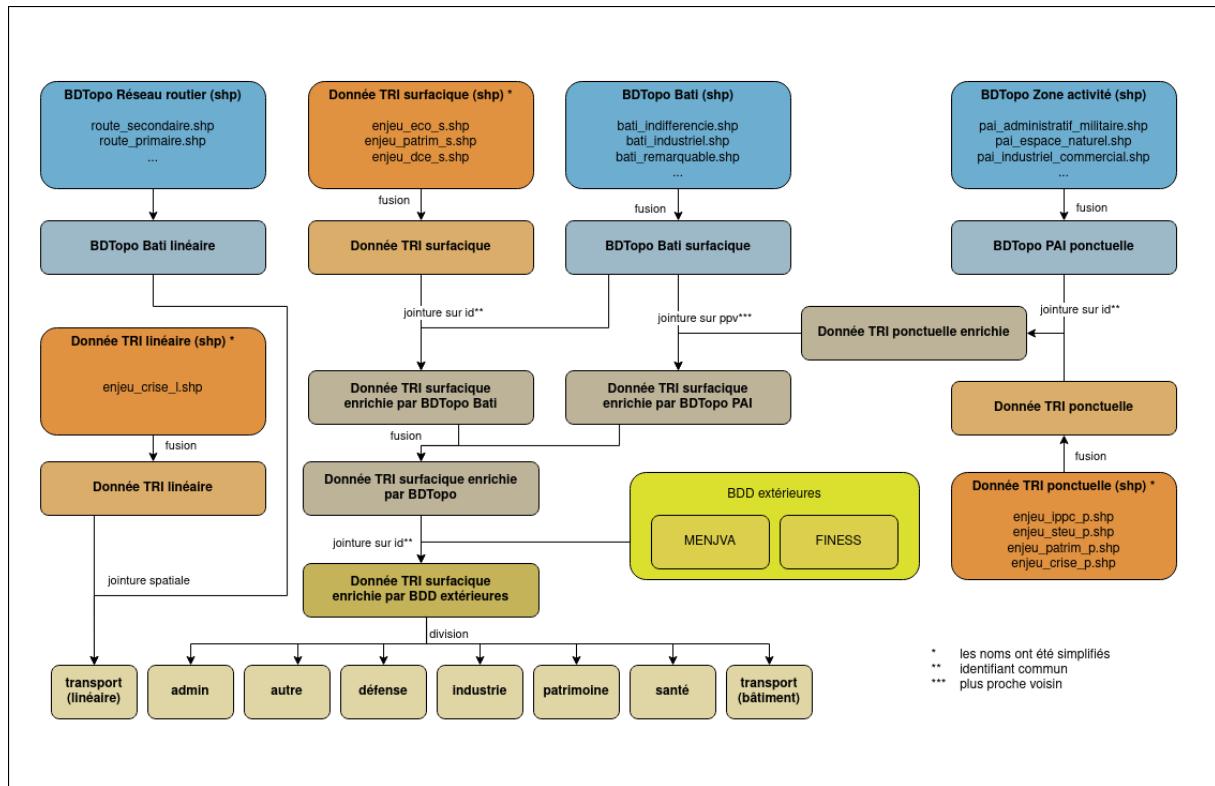
- Créer et calculer des attributs ;
- Supprimer les attributs non indispensables ;
- Recouper avec d'autres tables ;
- Modifier la structure de certaines données ;

Pour traiter les données, nous avons réalisé un état de l'art des outils utilisables, ils vous sont présentés ci-dessous :

| Outil   | Avantages  | Inconvénients   |
|---------|--|---|
| QGIS    | Principal SIG open source existant, il permet de visualiser et de manipuler rapidement les données.  | Traitements à la main, une automatisation est possible mais l'outil reste lent pour des données trop importantes.   |
| ArcGIS  | Principal SIG propriétaire permettant de visualiser, de traiter et d'exposer les données géographiques.  | ArcGIS n'est pas spécialisé dans le traitement automatique des données. De plus il s'agit d'un logiciel propriétaire et donc payant, une dépendance financière et technique est donc imposée. |
| FME     | Permet de manipuler des données géographiques dans de nombreux formats avec une interface très simple d'utilisation et un traitement efficace.   | Il s'agit d'un logiciel propriétaire et donc payant, une dépendance financière et technique est donc imposée.   |
| PostGIS | Il s'agit de l'extension géographique du Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) postgres. Permet d'effectuer des jointures et traitements spatiaux très efficaces, notamment grâce aux indexs spatiaux. Peut être utilisé depuis plusieurs langages de programmation. | Exige l'utilisation du langage SQL pour effectuer des requêtes, il n'y a pas de véritable interface.  |
| Python  | Langage de programmation permettant de traiter de nombreuses données, des bibliothèques spécifiques permettent d'automatiser le traitement de données géographiques (Geopandas, gdal, QGIS...).  | Intégrable au serveur WEB Python mais cette technologie est très peu utilisée   |

Pour manipuler les données, une chaîne de traitements FME ainsi que des outils QGIS sont utilisés. Le logiciel FME permet de réorganiser les informations, réaliser des jointures ou fusionner les couches. Pour visualiser les couches, QGIS est utilisé, il permet de visualiser des données shapefile, d'effectuer des conversions de format et d'accéder à la Base de Données.

Le diagramme ci-après présente le traitement des données réalisé. C'est une représentation de l'ensemble des données composant l'architecture de notre solution ainsi que leurs interdépendances.

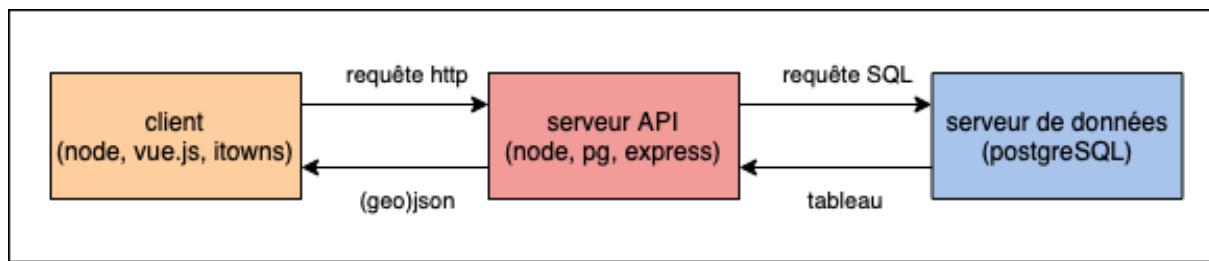


Le logiciel FME étant propriétaire, une solution open source est un avantage pour notre application. Une ébauche de script JavaScript à partir de commandes PostGIS a ainsi été développé. Elle permet d'importer les données shapefile dans une Base de Données et d'automatiser les traitements pour générer une table contenant tous les enjeux. Son intégration à l'application n'a pas été effectuée car son développement est incomplet.

# ARCHITECTURE DE NOTRE SOLUTION

## 4.1 Architecture générale

L'application TRIVIAL est une architecture trois tiers, elle est ainsi divisée en trois couches schématisées ci-dessous.



Au travers de ce chapitre, nous détaillerons chacune de ces couches.

### — La couche de données (BDD) :

Un serveur de Base de Données est exposé et permet à la couche de traitements de lui envoyer des requêtes SQL.

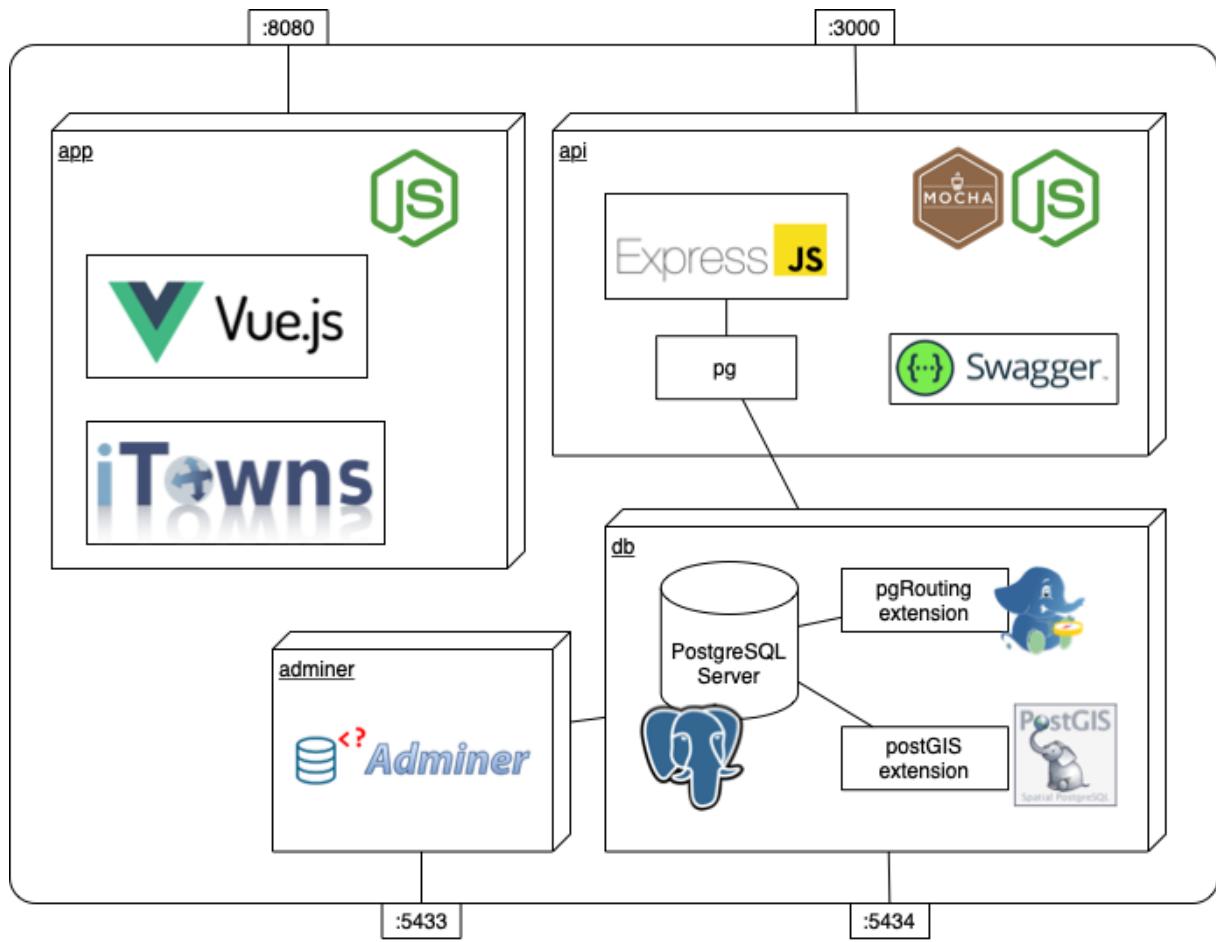
### — La couche de traitements (API) :

Un serveur Node.js permet de manipuler les données, de les consulter et de les extraire. Pour cela, le package de Node.js : pg est utilisé pour communiquer avec le SGBD PostgreSQL. L'exposition des données pour la couche de présentation est alors effectuée par une API REST.

### — La couche de présentation (client) :

Un serveur Node.js, basé sur le framework Vue.js, permet d'afficher les données aux utilisateurs grâce au framework de visualisation 3D Itowns.

Pour déployer rapidement l'application, celle-ci a été conteneurisée : un fichier docker-compose permet ainsi de déployer l'application avec simplicité. Ce script docker fait appel aux images PostGIS, Node et Adminer. Le diagramme de composants ci-dessous permet de visualiser les différents services.



## 4.2 Le serveur de BDD, la couche de données

Le SGBD PostgreSQL est utilisé pour stocker les données générées par le traitement des données. Celles-ci sont alors accessibles depuis les différents langages serveur (PHP, python, Node.js, Java) à partir de commandes SQL. Ses extensions PostGIS et pgRouting permettent respectivement d'effectuer des traitements sur les données géographiques et de calculer des itinéraires sur un réseau. Ce service est généré par docker-compose à partir de l'image PostGIS en y ajoutant l'extension pgRouting. Un volume est créé pour conserver les données et il est exposé sur le port 5434. Un autre service fournit une interface graphique de gestion et de visualisation des Bases de Données est créé à partir de l'image Adminer. Il est exposé sur le port 5433 et est lié au service PostGIS par un réseau interne.

## 4.3 L'interface, la couche de traitements

L'interface entre la Base de Données et l'application permet de fournir les données géographiques aux couches Itowns dans le format GeoJSON. Il s'agit d'une API REST développée avec le package Express. Des requêtes *http* sont ainsi envoyées au serveur Node.js afin d'accéder à la donnée.

Les différentes routes disponibles sont précisées dans une documentation écrite en Swagger, un langage de description d'API. Chaque route y est développée avec ses paramètres, ses verbes *http* (GET, POST, PUT, etc.) et ses résultats.

**data**

**GET** /data/{table}/selectData Return every row of the table

**POST** /data/{table}/selectData Finds data according to parameters

**POST** /data/getClosestFireHouse Returns the feature closest to the geometry given

**enjeux**

**GET** /enjeux/getTypesEnjeu returns types of enjeu

**PUT** /enjeux/{enjeu}/{scenario}/computeConcernedRows compute new columns

**GET** /enjeux/{table}/selectData Return every row of the given "enjeu"

every row is returned with its geometry and features in geojson format

**Parameters**

| Name  | Description   |
|---|---|
| <b>table</b> * required<br>string<br>(path) | name of the table<br><input type="text" value="table"/> |

**Try it out**

## 4.4 L'application, la couche de présentation

L'application en elle-même est développée avec Vue.js, il s'agit d'un framework JavaScript open-source permettant de construire des interfaces graphiques plus simplement, à partir d'une logique de composants. Au sein des composants, des scripts JavaScript implémentent Itowns. Il s'agit d'un autre framework basé sur Three.js, permettant d'intégrer des rendus de visualisation 3D de données géographiques dans des applications WEB.

Les données sont servies par l'API, que ce soit pour décrire les enjeux disponibles ou pour afficher les données filtrées selon une sélection.

# RÉALISATION ET SUIVI DE PROJET

CHAPITRE  
**5**

Lors de la réalisation de ce projet, il a été essentiel de mettre en place un environnement de développement et des outils de gestion de projet.

## 5.1 Méthode Agile

Pour l'organisation de ce travail de groupe, nous inspirons de la méthode Agile SCRUM, enseignée au cours de cette année. La méthode agile représente « Les individus et leurs interactions plus que les processus et les outils », « La collaboration avec les clients plus que la négociation contractuelle » et « L'adaptation au changement plus que le suivi d'un plan ». Par l'utilisation de cette méthode, l'équipe s'auto-organise, prend des décisions en toute autonomie et s'auto-évalue régulièrement. Concrètement, un sprint est réalisé chaque semaine pour développer de nouvelles fonctionnalités, définies par des User Stories. De plus, les rôles de Product Owner (PO) ou de Scrum Master (SM) ont été attribuées à chaque membres du groupe (deux PO et deux SM). Chaque développeur a ainsi diverses missions à effectuer selon son rôle, en plus de l'implémentation du code de l'application.

Le Product Owner a ainsi pour mission supplémentaire :

- d'interragir avec les clients pour déterminer les besoins et la transcription des besoins client en cas d'utilisation (User Story) ;
- de maintenir le Product Backlog et de valider les User Stories implémentées ;
- de déterminer la ligne fonctionnelle du logiciel. ;

Le Scrum Master a lui pour mission :

- de travailler avec le Product Owner pour la rédaction des User Stories ;
- de gérer la collaboration intra équipe en animant les points quotidiens ;

## 5.2 Environnement de développement et langages utilisés

Le développement de notre solution s'est effectué sur Visual Studio Code. Ce logiciel d'édition de texte possède toutes les fonctions nécessaires simplifiant le développement.

La gestion de version de code s'est effectuée avec le logiciel git et la plateforme d'hébergement GitHub. Ce choix s'est fait pour la simplicité d'utilisation de ce logiciel et par les outils mis à disposition, notamment pour l'intégration continue (CI).

L'ensemble de l'application, hors traitement des données, est écrit en JavaScript à partir du gestionnaire de librairies Node.js avec l'utilisation des diverses librairies disponibles, express, vue, itowns... Le traitement des données est effectué sur le logiciel propriétaire FME, QGIS et postGIS.

## 5.3 Analyse et stratégie : La Matrice SWOT

La figure ci-dessous présente la matrice SWOT, elle permet de comprendre les forces et les faiblesses de ce projet mais aussi les opportunités et les menaces liées à ce dernier.

|   |   |
|---|---|
| <b>Forces</b>   | <b>Faiblesses</b>   |
| Connaissance des membres du groupe ; Intérêt et investissement pour le développement et la géomathématique ; Temps consacré au PFE (5 jours/semaine) et Diversités des parcours des membres de l'équipe (Master 2, Ingénieur 3 <sup>ème</sup> année, TSI – C, TSI – G). | Domaine de la gestion de crise non connu et réunions avec les commanditaires en distanciel.   |
| <b>Opportunités</b>   | <b>Menaces</b>  |
| Travailler avec des commanditaires extérieurs ; Acquérir de nouvelles compétences/connaissances en développement informatique et en gestion de projet (méthode agile, analyse d'un projet, etc.).   | Délai court ; Grandes libertés et autonomie du projet ; Manque de communication avec les commanditaires ; Planning prévisionnel non respecté et retard dans les différents sprints. |

TABLE 5.1 – Matrice SWOT  
Mars 2023.

## 5.4 La gestion des risques

### 5.4.1 Risques humains, temporels et techniques et matrice de risque

Pour la gestion des risques, nous avons répertorié ci-après les risques humains, temporels et techniques pour créer la matrice de risque, présentée en annexe (figure C). La figure 5.1 résume les principaux risques.

|             |         | Niveau de gravité                            |  |       |
|-------------|---------|--|--|-------|
|             |         | Faible                                       | Moyenne                                      | Forte |
| Probabilité | Faible  | Risques techniques 4, 5, 7 et temporel 14    | Risques humain 3, technique 8 et temporel 11 |       |
|             | Moyenne | Risques humain 2, technique 6 et temporel 10 | Risques humain 1 et temporel 12              |       |
|             | Forte   | Risque temporel 13                           | Risque temporel 9                            |       |

FIGURE 5.1 – Matrice de risque associée aux risques humains, temporels et techniques  
Mars 2023.

## 5.5 Planning Prévisionnel

### 5.5.1 Une planification durant le projet

Ci-après, la figure en annexe 5.1 montre le Planning Prévisionnel du projet. Celui-ci a ainsi été établi lors de la première phase du projet, avant que l'analyse fonctionnelle et que l'étude technique soient réalisées.

Nous avions donc fait le choix de proposer des tâches assez générales (ex : Réalisation d'un premier sprint) et d'y mettre l'ensemble des semaines de travail afin de pouvoir progresser correctement dans le projet. Durant la phase de développement, une fois l'analyse du projet réalisée, nous avons affiné les tâches de développement pour les rendre plus précises.

### 5.5.2 Explications du Planning Prévisionnel

Voici les différentes colonnes qui arborent notre planning prévisionnel :

- Le domaine, la tâche et la sous-tâche permettent de comprendre le travail à réaliser de manière détaillée ;
- La durée indique le nombre de semaines prévu/passé pour réaliser une tâche ;
- La progression montre l'avancement de la tâche : elle se note en % de 0 à 100 ;
- La priorité exprime le niveau d'importance d'une tâche. Nous l'avons rempli d'une part, grâce aux remarques et indications de nos commanditaires et d'autre part, grâce à nos réunions d'équipe ;
- Les semaines de travail détaillées rendent compte du temps passé/de chaque semaine de travail sur chaque tâche. Cela permet de savoir si nos prédictions quant à la durée prévue d'une tâche étaient bonnes, et de faire des ajustements au besoin.

# RÉSULTATS ET AMÉLIORATIONS

## 6.1 Solutions implémentées et fonctionnelles

Notre preuve de concept a pour nom TRIVIAL, l'idée de ce nom est de rendre très simple la visualisation des données TRI. Après avoir installé l'application, l'url <http://localhost:8080/TRIVIAL> permet d'afficher le menu principal de redirection figure 6.1. L'application est divisée en trois pages présentées dans cette section.

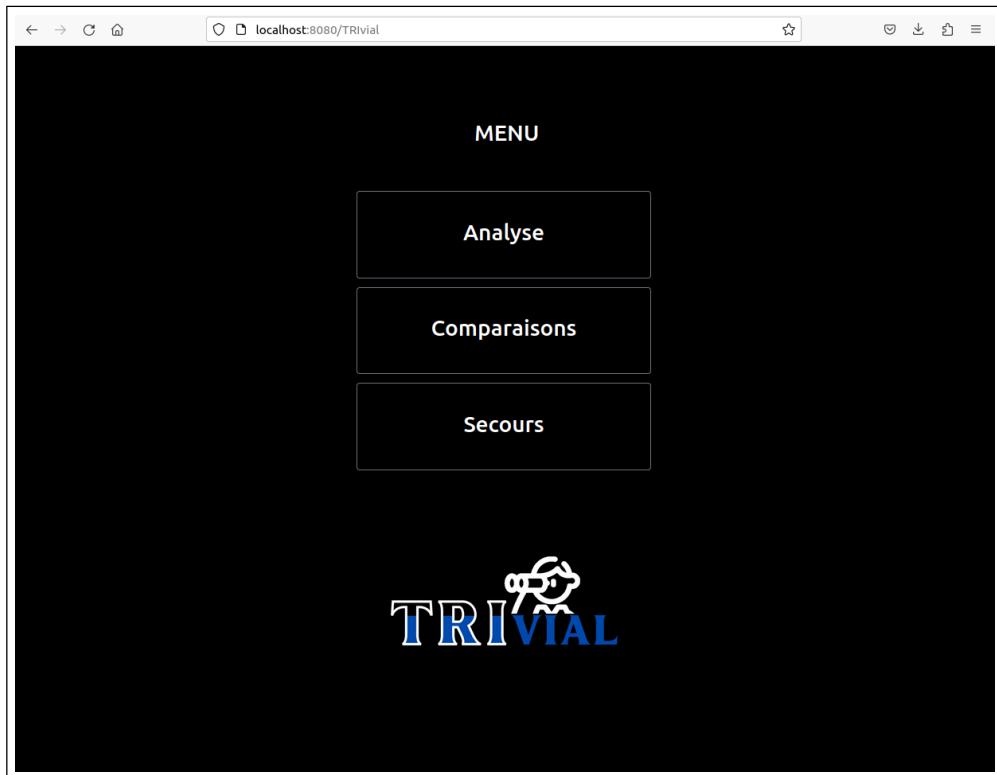


FIGURE 6.1 – Capture d'écran provenant de la page d'accueil de notre application  
<https://localhost:8080/TRIVIAL>, Avril, 2023.

### 6.1.1 Analyse

La page *Analyse* permet à l'utilisateur de visualiser et d'analyser les scénarios et leurs enjeux ainsi que de prendre des décisions lors de la gestion d'une crise liée à une inondation.

Une carte 2D/3D s'affiche avec une partie à gauche comprenant trois onglets de sélection :

- *Scénario* : permet de choisir le scénario d'aléa à afficher, il peut être de probabilité faible, moyenne ou forte. Ces choix sont générés automatiquement à partir des scénarios disponibles dans la Base de Données.
- *Hauteur des bâtiments* : Filtre les bâtiments selon leur hauteur.

— *Enjeux* : Générés automatiquement à partir des données disponibles dans la Base de Données, ces onglets permettent de filtrer les enjeux par leurs types et sous types. La couleur de représentation d'une catégorie d'enjeux peut également être choisie.

Lors de la validation, les données sélectionnées par les filtres sont affichées sur la carte. Les enjeux touchés par le scénario concerné s'affichent en rouge. La sélection (clic) d'un objet sur la carte (bâtiment, etc.) fait afficher les informations de ce dernier dans l'onglet *Informations*.

Les statistiques affichées en bas de la page concernent les enjeux Enseignement et Santé, elles présentent quelle proportion des enjeux a été touchée, avec le nombre de personnes concernées.

Le bouton *Enregistrer la vue* permet d'enregistrer, dans un fichier json, les filtres de sélection des données (le scénario, la hauteur des bâtiments et les enjeux, ainsi que leur couleur).

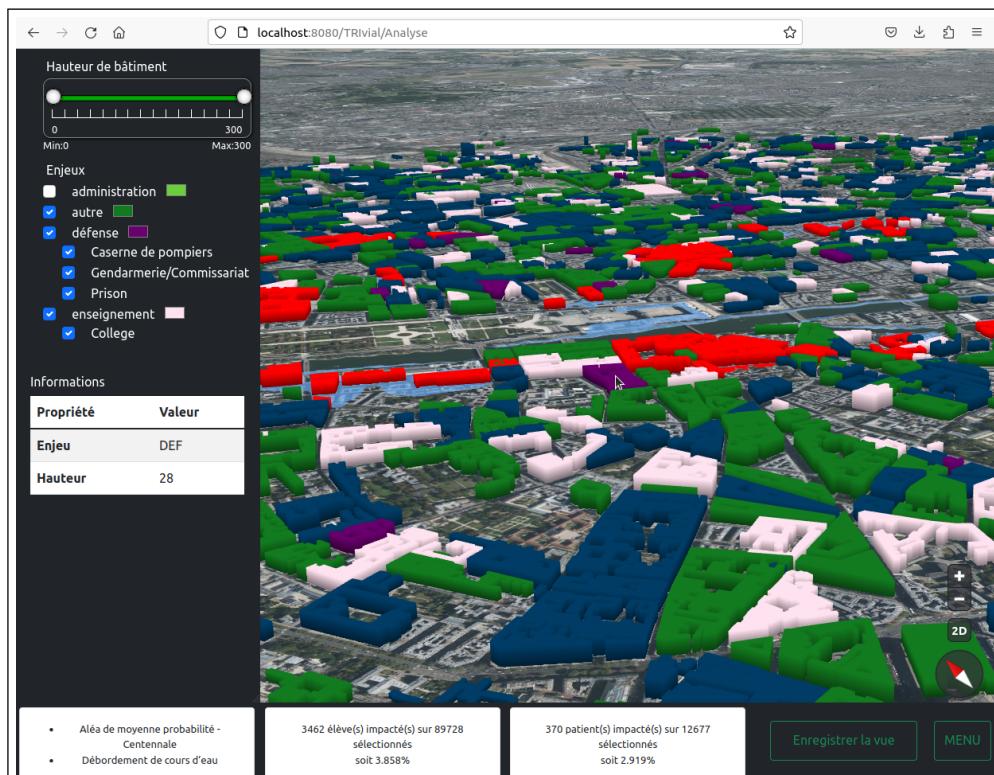


FIGURE 6.2 – Capture d'écran provenant de la page *Analyse* de notre application  
<https://localhost:8080/TRIVIAL/Analyse>, Avril, 2023.

### 6.1.2 Page Secours

La page *Secours* (figure 6.3) permet aux secouristes de visualiser une vue enregistrée par un utilisateur de la partie *Analyse*. Ils peuvent alors choisir l'itinéraire à prendre pour secourir un enjeu sélectionné.

Une carte 2D/3D s'affiche avec une partie à gauche comprenant un onglet de sélection *Importer une vue enregistrée*, un affichage d'informations *Informations*, un affichage des étapes d'un itinéraire *Itinéraire* et un bouton *Menu* sont affichés au bas de l'écran.

L'utilisateur a la possibilité de sélectionner une vue enregistrée précédemment via la page *Analyse*. De même que sur la page *Analyse*, lorsqu'il sélectionne (clique) sur un objet sur la carte (bâtiment, etc.), les informations de ce dernier s'affichent dans l'onglet *Informations*.

Lorsque l'utilisateur effectue un clic-long (d'une seconde), un itinéraire est calculé et s'affiche

entre l'objet sélectionné et la caserne de pompiers la plus proche. L'itinéraire choisi est représenté en jaune, il passe cependant par des routes inondées, alors représentées en rouge. La prise en compte du réseau touché par le scénario représente une amélioration future.

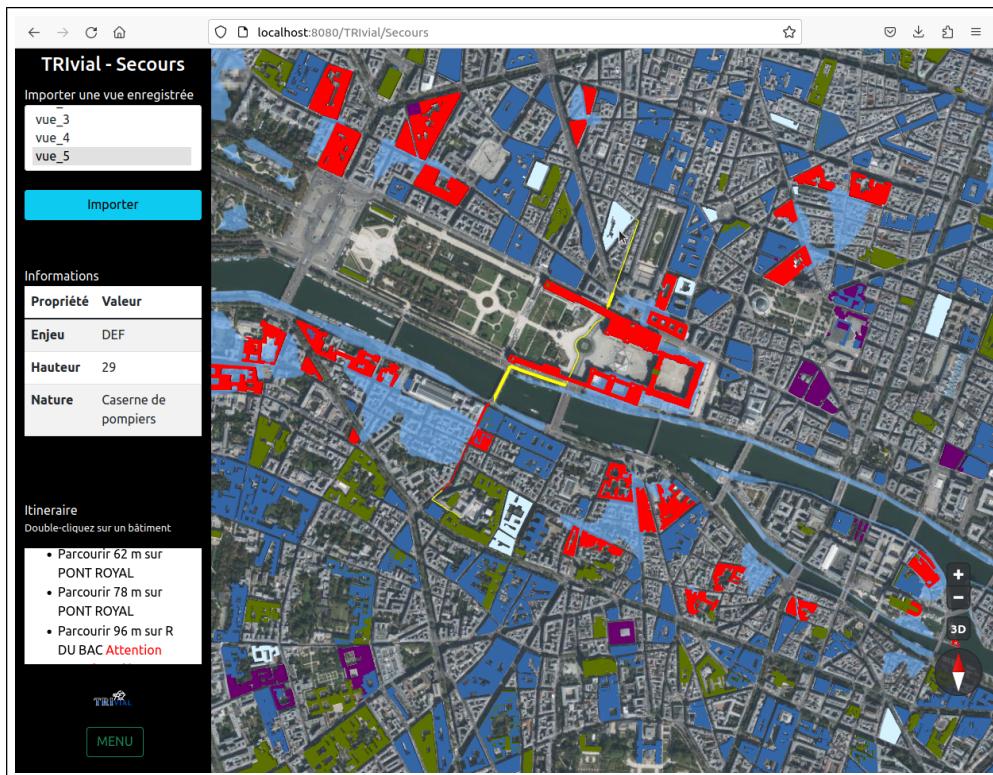


FIGURE 6.3 – Capture d'écran provenant de la page *Secours* de notre application <https://localhost:8080/TRIVIAL/Secours>, Avril, 2023.

### 6.1.3 Page *Comparaisons*

La page *Comparaisons* (figure 6.4) permet aux utilisateurs de comparer et d'analyser des scénarios.

Cette page est composée

- de deux cartes 2D effectuant les mêmes mouvements de caméra en parallèle. Pour chacune d'elle la sélection d'un scénario permet d'afficher en rouge les bâtiments touchés par ce scénario et en blanc le reste des bâtiments ;
- des boutons *Voir les informations*, *Voir les statistiques* et *Menu*

L'utilisateur a la possibilité de cliquer sur le bouton *Voir les informations* et de sélectionner une catégorie de bâtiments (dans la barre de choix) ou un bâtiment (dans la table) pour obtenir des informations. En cliquant sur un enjeu dans la liste qui s'affiche, un zoom s'effectue sur celui-ci. Puis, il peut cliquer sur le bouton *Masquer les informations*.

De la même manière, l'utilisateur a la possibilité de cliquer sur le bouton *Voir les statistiques* pour afficher les statistiques des scénarios.

Lorsque l'utilisateur clique sur le bouton *Voir différence* d'un côté ou de l'autre (dans le scénario à droite ou à gauche), les bâtiments touchés sur un seul des deux scénarios sont affichés en orange.

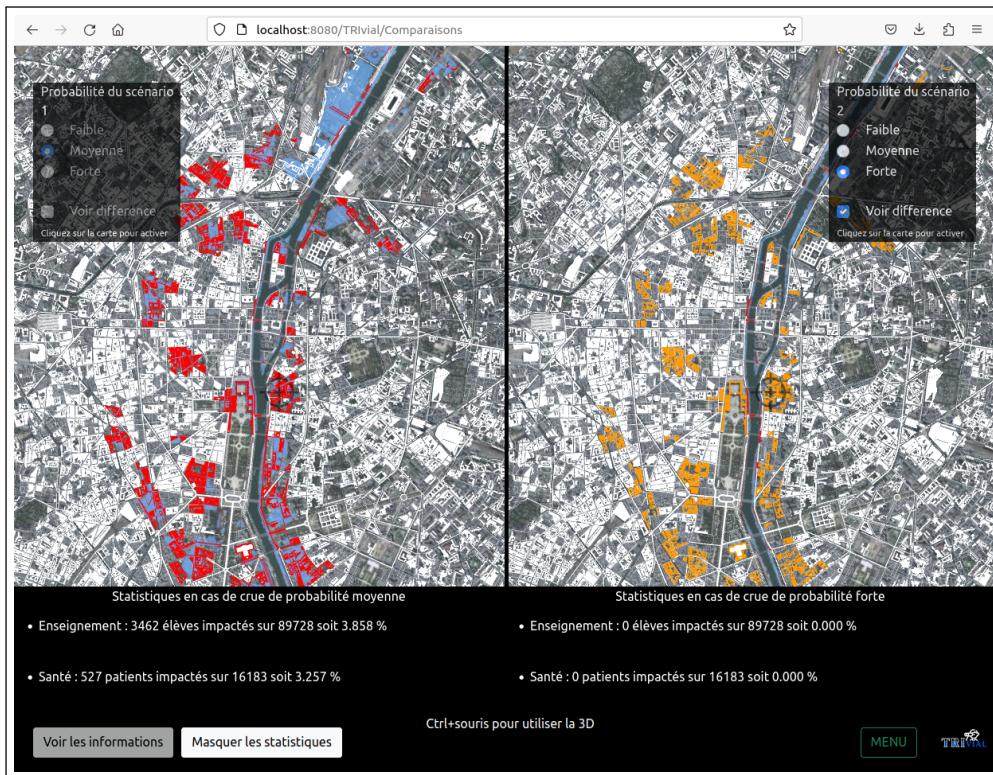


FIGURE 6.4 – Capture d'écran provenant de la page *Comparaisons* de notre application <https://localhost:8080/TRIVIAL/Comparaisons>, Avril, 2023.

## 6.2 Améliorations

Parmi les fonctionnalités attendues de l'application, une partie reste non aboutie. Cette section présente les améliorations possibles de TRIVIAL.

- Base de Données :
  - Améliorer la Base de Données en l'enrichissant à partir de jointures à d'autres BDD extérieures ;
  - Généraliser la Base de Données au territoire national, notamment par un traitement automatisé à tous les territoires TRI en France. Cela pourrait aboutir à une visualisation des enjeux sur la France entière ou à une sélection du territoire à étudier ;
  - Effectuer les traitements de la Base de Données à partir d'un logiciel libre, notamment pour éviter une dépendance financière au logiciel FME. Un script d'automatisation PostGIS a été amorcé mais n'a pas été finalisé ;
- Application :
  - Importer les données depuis l'application à partir d'un explorateur de fichiers, cela permettrait d'éviter à l'utilisateur d'ouvrir le service adminer pour importer la Base de Données ;
  - Tuiler les données afin d'optimiser l'import des données dans l'application, il s'agit de n'importer que les données vues par la caméra. Cette fonctionnalité est pertinente lorsqu'un grand nombre de données est affiché ;
  - Afficher avec cohérence le réseau de transports linéaires en appliquant un niveau de transparence au réseau de transports souterrains (métros, trains). Cette fonctionnalité a été travaillée mais non finalisée ;
  - Calculer un itinéraire correct, en ne prenant notamment pas en compte les routes inondées et les routes non accessibles aux secours dans le parcours sélectionné. Lorsque plusieurs couches d'enjeux sont présentes, le calcul d'itinéraire n'est opérationnel que pour la der-

nière couche ajoutée.

- Améliorer l'ergonomie et le visuel de l'application ;

# Conclusion

---

Dans les territoires victimes d'inondations, les données TRI sont extrêmement précieuses pour déterminer quels enjeux sont concernés par un aléa. L'objectif de cette étude a été d'enrichir ces données et de les visualiser afin de simplifier leur utilisation en cas de crise.

Cette volonté de rendre les données TRI plus simples d'utilisation a donné le nom de notre application : TRIVIAL. Il s'agit d'un prototype développé dans le cadre du projet INONDATA, porté par l'IGN. Le travail réalisé permet de filtrer les données, de les afficher et d'extraire leurs informations.

Notre organisation du projet nous a permis de comprendre en premier lieu les attentes de nos commanditaires. Nous nous sommes alors concentrés sur le développement de l'application en réalisant une nouvelle version chaque semaine, les fonctionnalités ont été réparties selon les envies et les compétences de chacun. De plus, les outils de gestion de projet comme le diagrammes de GANTT et la matrice de risques nous ont permis d'évoluer et d'anticiper les différentes étapes et améliorations du projet.

Finalement, nous avons réalisé ce projet avec plaisir et sommes fiers de notre rendu. Nous espérons que cette preuve de concept sera réutilisée et mise en application.

# **Annexes**

|   |                               |    |
|---|-------------------------------|----|
| A | List of images . . . . .      | 30 |
| B | List of tables . . . . .      | 31 |
| C | Tableau des risques . . . . . | 33 |
| D | Diagramme de GANTT . . . . .  | 35 |

## LIST OF IMAGES

---

# Table des figures

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 5.1 | Matrice de risque associée aux risques humains, temporels et techniques <i>Mars 2023.</i>   | 21 |
| 6.1 | Capture d'écran provenant de la page d'accueil de notre application <i>https://localhost:8080/TRIvial</i> , Avril, 2023. . . . .                        | 23 |
| 6.2 | Capture d'écran provenant de la page <i>Analyse</i> de notre application <i>https://localhost:8080/TRIvial/Analyse</i> , Avril, 2023. . . . .           | 24 |
| 6.3 | Capture d'écran provenant de la page <i>Secours</i> de notre application <i>https://localhost:8080/TRIvial/Secours</i> , Avril, 2023. . . . .           | 25 |
| 6.4 | Capture d'écran provenant de la page <i>Comparaisons</i> de notre application <i>https://localhost:8080/TRIvial/Comparaisons</i> , Avril, 2023. . . . . | 26 |
| C.1 | Tableau des risques <i>Mars 2023.</i> . . . . .   | 33 |
| D.1 | Diagramme de GANTT <i>Mars 2023.</i> . . . . .  | 35 |

---

**LIST OF TABLES****Liste des tableaux**

|   |    |
|---|----|
| 5.1 Matrice SWOT <i>Mars 2023</i> . . . . . | 21 |
|---|----|

# TABLEAU DES RISQUES

C  
ANNEXE

| Numéro             | Risques et facteurs de risque  | Probabilité | Gravité | Impacts   | Nature du risque [coût | Actions de réduction du risque   |                    | Evolution    |              |              |              |              |
|--------------------|--|-------------|---------|---|------------------------|--|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |  |             |         |   |                        | Risques humains  | Risques techniques | Semaine 1    | Semaine 2    | Semaine 3    | Semaine 4    | Semaine 5    |
| 1                  | Mauvaise/Manque de communication avec les commanditaires               | Moyenne     | Forté   | Mauvaise compréhension du sujet, des besoins, de la problématique du projet.                                  | Coût et délai          | Avoir un suivi et échanger régulièrement (mails, réunions, visio-conférences, Comptes-Rendus, etc). Discuter de nos questionnements et des problèmes rencontrés via des réunions avec les commanditaires fréquentes. | >                  | =            | >            | =            | =            | =            |
| 2                  | Manque de compétences  | Moyenne     | Moyenne | Solutions proposées inadaptées, non en accord avec la demande. Non communautaires du travail.                 | Coût et délai          | Discuter de nos questionnements et des problèmes rencontrés via des réunions avec les commanditaires fréquentes.   | >                  | =            | >            | =            | =            | >            |
| 3                  | Manque de communication ou conflits au sein de l'équipe                | Faible      | Forté   | Travail individuel et non en équipe.  | Délai                  | Communication sur les réseaux sociaux avec l'équipe. Réunions régulières. Echanger entre nous et réduire les moments de travail à distance.  | >                  | >            | >            | >            | >            | =            |
| Risques techniques |  |             |         |   |                        |  |                    |              |              |              |              |              |
| 4                  | Données lourdes à manipuler, espace de stockage non suffisant          | Faible      | Moyenne | Pas de données exploitables et manipulables.  | Coût et délai          | Réduire au maximum les données d'origine, travailler sur des zones tronquées et/ou stocker les données intermédiaires sur machine.   | >                  | >            | >            | =            | >            | >            |
| 5                  | Machine non suffisamment performante pour effectuer les calculs        | Faible      | Moyenne | Ralentissement du travail, temps d'attente et travail non efficace..  | Délai                  | Réduire au maximum les données d'origine, travailler sur des zones tronquées, réaliser des programmes informatiques efficaces et alléger la mémoire vive.  | Non-existent       | >            | =            | >            | =            | =            |
| 6                  | Developper des librairies ou fonctions existantes                      | Moyenne     | Moyenne | Prise de retard possible et travail non efficace.   | Coût et délai          | Réaliser un état de l'art et des recherches au préalable de chaque phase de développement, de l'implémentation d'une fonctionnalité.   | Non-existent       | >            | >            | Non-existent | Non-existent | Non-existent |
| 7                  | Wifi de l'ENSG   | Faible      | Moyenne | Perte du travail en cours ou sauvegarde incomplète, ralentissement du travail.                                | Délai                  | Travailler et réaliser des sauvegardes en local, changer de bureau, utiliser les points d'accès mobile.  | >                  | >            | >            | >            | >            | >            |
| 8                  | Problème de sauvegarde   | Faible      | Forté   | Perte du travail en cours ou sauvegarde incomplète, ralentissement du travail.                                | Coût et délai          | Sauvegarder le travail, le code sur diverses plateformes, versionner et faire des copies du travail réalisé tout en ayant un regard sur les droits d'utilisation des données des plateformes.                        | Non-existent       | Non-existent | >            | Non-existent | Non-existent | Non-existent |
| Risques temporels  |  |             |         |   |                        |  |                    |              |              |              |              |              |
| 9                  | Temps de travail libre   | Forté       | Forté   | Perte de temps, travail non efficace.   | Délai                  | S'organiser, faire des plannings prévisionnels et respecter des horaires et les échéances.   | >                  | >            | >            | =            | >            | =            |
| 10                 | Planning prévisionnel mal établi et/ou mal respecté                    | Moyenne     | Moyenne | Retard possible sur les rendez-vous/livrables incomplets. Demande non respectée et/ou objectifs non atteints. | Délai                  | Suivre et mettre à jour le planning régulièrement, faire des réunions hebdomadaires pour partager le travail réalisé.  | Non-existent       | >            | =            | Non-existent | Non-existent | Non-existent |
| 11                 | Manque d'anticipation ou de préparation                                | Faible      | Forté   | Présentation brouillonne ou réunion non préparée. Perte d'efficacité.   | Délai                  | Anticiper et tenir un calendrier/planning très précis.   | Non-existent       | >            | >            | Non-existent | Non-existent | Non-existent |
| 12                 | Mauvaise estimation du temps nécessaire sur une étape (tempo excessif) | Moyenne     | Forté   | Perte de temps, travail non efficace. Prise de retard possible sur les rendus.                                | Délai                  | Poser des questions, prendre du recul, respecter/mettre à jour le planning prévisionnel.   | Non-existent       | Non-existent | Non-existent | >            | >            | >            |
| 13                 | Longs délais dans la communication avec les commanditaires             | Forté       | Moyenne | Perte de temps, attente, travail non efficace. Prise de retard possible sur les rendus.                       | Délai                  | Requestionner les commanditaires à envoyer plusieurs mails, prévoir un délai/une échéance dans les échanges.   | Non-existent       | >            | =            | =            | >            | >            |
| 14                 | Manque global de temps pour mener à bien le projet                     | Faible      | Moyenne | Non-achèvement des objectifs, non rendu du travail demandé et/ou livrables incomplets.                        | Coût et délai          | Echanger sur notre avancée, nos questionnements et problématiques et réalisations avec les commanditaires (envoyer plusieurs mails).   | Non-existent       | Non-existent | Non-existent | >            | >            | >            |

FIGURE C.1 – Tableau des risques  
Mars 2023.

# DIAGRAMME DE GANTT

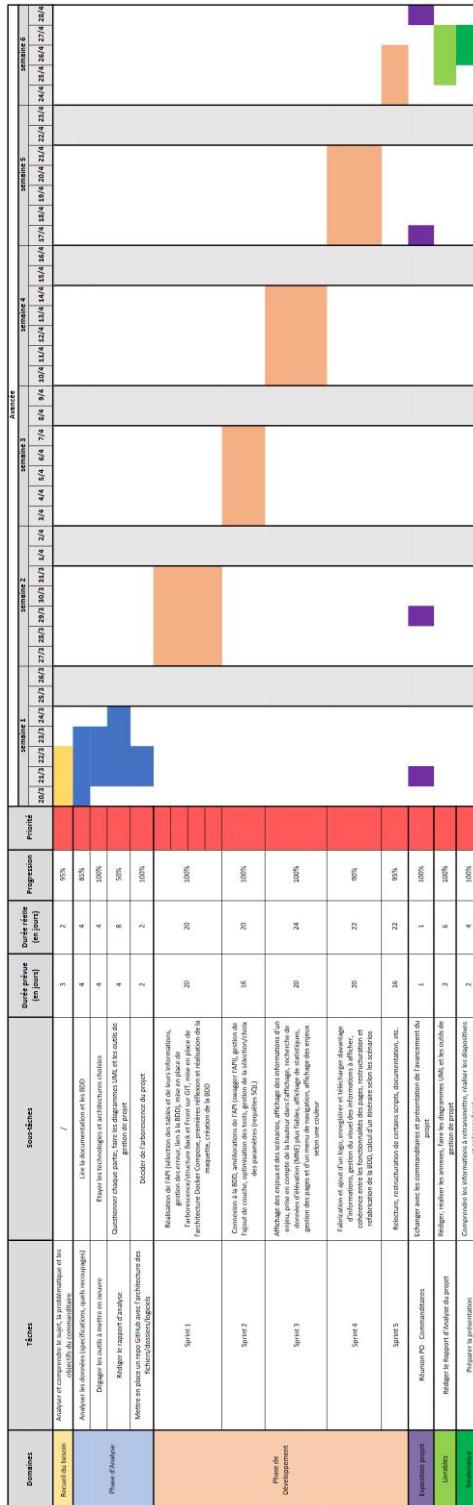


FIGURE D.1 – Diagramme de GANTT  
Mars 2023.