

GeoTech

*Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention
du diplôme d'ingénieur électronique*

*Création d'une base de données documentaire et
cartographique pour la gestion des résultats
d'essais géotechniques.*

DUBUCHE Kevin J. & THÉODORE Barbara G. • 2021 • Haïti



GeoTech

DUBUCHE Kevin J. & THEODORE Barbara G.

Faculté Des Sciences de l'Université d'État d'Haïti
Génie Électronique
2019-2020

1^{er} mars 2021

Table des figures

1.1	Cartographie d’Haïti	2
1.2	Exemple de résultat d’un essai pénétrométrique	4
1.3	Visualisation des résultats de la base de données de Canterbury.	7
1.4	Webmap de SERNAGEOMIN	10
1.5	Cheminement de la solution	14
2.1	Diagramme des cas d’utilisation général	22

Liste des tableaux

1.1	Quelques exemple de BDD géotechniques dans le monde	9
1.2	Listes de quelques avantages d’une base de données géotechniques	11
2.1	Tableau des utilisateurs et de leurs besoins	18
2.2	Exemple de cartouche sur un document d’étude géotechnique	21

Table des matières

0.1	Résumé	i
0.2	Abstract	ii
0.3	Remerciements	iii
0.4	Glossaire	iv

1	Contexte	1
1.1	Introduction	1
1.1.1	Généralités	1
1.1.2	Problématique	5
1.1.3	Panorama du projet	5
1.2	Étude de l'existant	6
1.2.1	Les BDD géotechniques dans le monde	6
1.2.2	Avantages d'un Système de gestion des Informations Géotechniques	8
1.3	Cheminement de la solution	11
1.3.1	Implémentation d'une BDD géotechniques	11
1.3.2	Utilisation d'un SIG	12
1.3.3	Visualisation des données	13
1.4	Perspective de réalisation	13
2	Analyse des besoins	15
2.1	Besoins et contraintes	15
2.2	Approche de travail	19
2.3	Méthodologie	19
2.4	Structure modulaire	20
2.5	Préparation des documents	20
2.6	Modélisation avec UML	21
2.6.1	Diagramme des cas d'utilisation	21
3	Implémentation	24
3.1	Choix des technologies	24
3.2	La hiérarchie dans l'application	24
3.3	Ergonomie	25
3.4	Déploiement	25
3.5	Sécurité du système	25
3.6	Limitations du système	26
3.7	Coûts	26
4	Conclusion	27
4.1	Améliorations futures	27
4.1.1	Suite du projet	27
4.1.2	Défis rencontrés	27
4.1.3	Propositions	28
4.2	Bilan	28

0.1 Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet **Kay Nou Tek** financé par l'Ambassade de Suisse en Haïti. L'Unité de Recherche en Géoscience (URGéo) a pour objectif de concevoir et de réaliser une application permettant la mise en ligne gratuite de certaines informations contenues dans les tests géotechniques réalisés par elle et d'autres laboratoires. Par ailleurs, elle sera responsable de la collecte des informations, de leur tri, de l'alimentation de l'application et de sa gestion.

La première phase du projet consiste à réaliser la base de données géotechniques. Cette dernière permettra de mutualiser les données sur le sous-sol haïtien accumulées par différents organismes, tant publiques que privées, au cours de ces 50 dernières années. Ensuite il sera question d'exploiter ces données dans un Système d'Information Géographique (SIG) afin de faciliter leur visualisation dans une application. Cette application Web¹ constituera donc un espace partagé permettant à ces différents organismes de centraliser et de gérer une banque de données géotechniques.

1. La totalité des codes est disponible en ligne sur GitHub : <https://github.com/geotech>. L'application est accessible via l'adresse : <https://geotech.ht>

0.2 Abstract

This work is part of the Kay Nou Tek project funded by the Swiss Embassy in Haiti. The objective of the Unité de Recherche en Géoscience (URGéo) is to design and produce an application allowing the free online posting of certain information contained in the geotechnical tests carried out by it and other laboratories. In addition, she will be responsible for collecting information, sorting it, feeding the application and managing it.

The first phase of the project consists of creating the geotechnical database . The latter will allow data to be pooled on the Haitian subsoil accumulated by various organizations, both public and private, over the past 50 years. Then it will be a question of exploiting these data in a Geographic Information System (GIS) in order to facilitate their visualization in an application. This Web application² will therefore constitute a space shared allowing these different organizations to centralize and manage a bank geotechnical data.

2. All the codes are available online on GitHub : <https://github.com/geotech>. The application is accessible via the address : <https://geotech.ht>

0.3 Remerciements

Ce projet de fin d'études représente l'aboutissement de notre formation d'ingénieur électronique. Nous tenons à réserver ces quelques lignes pour exprimer notre reconnaissance aux personnes qui nous ont apporté leur support pour réaliser ce travail :

- Merci à l'URGéo pour nous avoir fait confiance et donné ce formidable projet ;
- Merci à nos tuteurs M Kelly Guerrier et M Karl Henry Victor ;
- Merci à E. Villard pour l'encadrement (programmation et base de données) ;
- Merci à A.D. Vital pour l'encadrement (sécurité informatique) ;
- Merci à l'URGéo et la MBDS pour l'encadrement général ;
- Merci aux professeurs Jacques Faubert Etienne, ... ;
- Merci au stagiaire ... ;
- Merci à nos beta testeurs ... ;
- Merci aux partenaires : KAYTEK, ... ;
- Merci à la communauté FDS pour ... ;

0.4 Glossaire

URGéo : L'Unité de Recherche en Géosciences a pour mission de mener des recherches dans le domaine de géoscience³.

BME Le Bureau des Mines et de l'Energie est un organisme autonome créé en 1986 fonctionnant sous la tutelle du Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications (MTPTC)⁴.

SICOD La Société d'Ingénierie Constructions et d'Orientations Diverses, fondée en 2011, est une société haïtienne en noms collectifs qui évolue dans les domaines d'ingénierie géotechnique et de constructions.

LNBTP Le Laboratoire National Du Bâtiment et des Travaux Publics est une institution publique à gestion autonome chargée du contrôle de la qualité des infrastructures en construction dans le pays. Il s'occupe aussi des études géotechniques, des recherches appliquées sur les matériaux de construction et de la promotion des normes en matière de génie civil⁵.

Géothechsol Géothechsol est un Bureau d'Etudes en Ingénierie Géotechnique et Environnemental ainsi qu'en formulation de béton et ses essais mécaniques et physiques⁶.

SIG ou GIS : Un Système d'Information Géographique ou SIG (en anglais, Geographic Information System) est un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.

PDF : Portable Document Format. Le format PDF permet de conserver en toutes circonstances la mise en page originelle d'un document, quel que soit le logiciel ou le système d'exploitation utilisé pour l'ouvrir. Créé par la société Adobe, il est aujourd'hui très utilisé à travers le monde.

3. Lien du site de l'URGéo : www.urgeo.net/

4. Lien du site du BME : www.bme.gouv.ht/

5. Lien du site du LNBTP : www.lnbtp.gouv.ht/

6. Lien du site de Géothechsol : www.geothechsol.com/

0.4. GLOSSAIRE

ISO : International Organization for Standardization. L'Organisation internationale de normalisation généralement désigné sous son sigle : ISO, est un organisme de normalisation international composé de représentants d'organisations nationales de normalisation de 164 pays.

CSV : Un fichier CSV (en anglais, Comma Separated Values) est le fichier de base des données recueillies - sans formatage particulier. Chaque champ est séparé par une virgule.

UI : Cela signifie interface utilisateur. Il s'agit du lien direct entre l'utilisateur (le visiteur) et la machine (le programme ou la plateforme qui a permis de construire le site web). De nombreux éléments entrent dans l'UI design : la typographie, la police, la taille et la couleur d'écriture, les visuels, la charte graphique, identité visuelle, charte éditoriale, ou l'intuitivité.

UX : UX Design ou expérience utilisateur est un ensemble de techniques permettant de concevoir un site internet dans lequel le visiteur navigue de manière optimale. Le but est d'améliorer l'interaction entre l'homme et la machine.

WGS84 : World Geodesic System (Système géodésique mondial) - révision de 1984. C'est un système de coordonnées terrestres, basé sur un géoïde de référence prenant la forme d'un ellipsoïde de révolution. Il est défini par un ensemble de paramètres primaires et secondaires : les paramètres primaires définissent la forme de l'ellipsoïde de la terre, sa vitesse angulaire, et sa masse. les paramètres secondaires définissent un modèle détaillé de la pesanteur terrestre.

Chapitre 1

Contexte

1.1 Introduction

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'URGéo et Kay Nou Tek. Ce projet est financé par l'Ambassade de Suisse en Haïti et a pour objectif d'explorer le potentiel du numérique pour améliorer les pratiques de construction. Le but principal de ce travail est d'apporter une solution technologique qui facilitera la gestion des données géotechniques en Haïti.

Ce document comporte deux grandes parties : une première axée sur la théorie, se focalisant sur le contexte et les avantages de la réalisation d'un tel projet. La seconde partie est plus pratique et combine le travail de l'ingénieur logiciel et des analystes programmeurs responsables du projet.

1.1.1 Généralités

La géotechnique, pourquoi est-ce important ?

Avant d'investir des millions de dollars et des centaines d'heures pour construire un bâtiment, les propriétaires fonciers doivent savoir si le plancher peut supporter le bâtiment en question. Un sous-sol non adéquat à un type de construction peut conduire à des dommages considérables. Au pire cela peut causer des pertes en vies humaines en cas d'effondrement.

De ce fait, il est nécessaire de recourir au préalable à des études de sol. Malgré la valeur que peut coûter de telles études, que ce soit en termes économique et/ou temporel, les caractéristiques d'un sol restent une information essentielle à bien des égards. Par conséquent, des études sont réalisées lors de la construction de grandes infrastructures ou de routes.



FIGURE 1.1 – Cartographie d'Haïti

1.1. INTRODUCTION

La **géotechnique** est l'ensemble des activités liées aux applications de la mécanique des sols, de la mécanique des roches et de la géologie de l'ingénieur¹. Au cours projet d'aménagement, dans le but d'assurer la fiabilité et la durabilité des ouvrages, le constructeur est dans l'obligation de prendre en compte la nature du sous-sol du site où il est prévu de construire.

Il s'agit en fait d'adapter le projet au site envisagé.

La mission du géotechnicien consiste principalement à :

- définir le cadre géologique, hydrogéologique et topographique du site étudié ;
- définir les aléas existants vis-à-vis des risques naturels : détection des cavités, stabilité général d'un site (par rapport au glissement de terrain par exemple), sismicité.
- définir les terrassements : faisabilité, réemploi des matériaux, tenus des talus et parois des fouilles ;
- définir l'influence des circulations d'eaux souterraines, agressivité de l'eau vis-à-vis des bétons ;
- définir comment la nature et la répartition des formations géologiques pourrait influencer la réalisation des travaux et la conception de l'ouvrage.

En général, le géotechnicien résume sa mission dans un rapport. Ce rapport comprend les résultats des différents tests (Figure 1.2) réalisés : essais de pénétration, forages, essais de laboratoire, essais géophysiques, etc. Ce rapport est rédigé non seulement dans le but d'informer le client sur la nature des interventions, mais aussi d'exposer les principaux résultats des tests recueillis, de façon à mener à bien l'exécution des projets.

La zone d'étude de ce projet correspond à Haïti. Cette île située dans les Caraïbes a une superficie de 27 750 km². L'importance des données géotechniques s'est montré incontournable dans ce pays surtout après un séisme (de magnitude 7 sur l'échelle de Richter) en Janvier 2010.

Gestion des données géotechniques en Haïti

Les outils papiers utilisés pour le moment sont très vulnérables à des catastrophes comme des incendies ou des tremblements de terre. La perte des documents de référence entraînerait un travail colossal pour le recouvrement des informations relatives à chaque dossier.

Diverses instances détiennent les données recueillies au cours de leurs études géotechniques respectives. Ainsi, lorsqu'un particulier a besoin de faire

1. Définition selon l'Union syndicale géotechnique accessible via ce lien : <http://u-s-g.org/profession-geotechnicien.asp?idpage=1>

1.1. INTRODUCTION

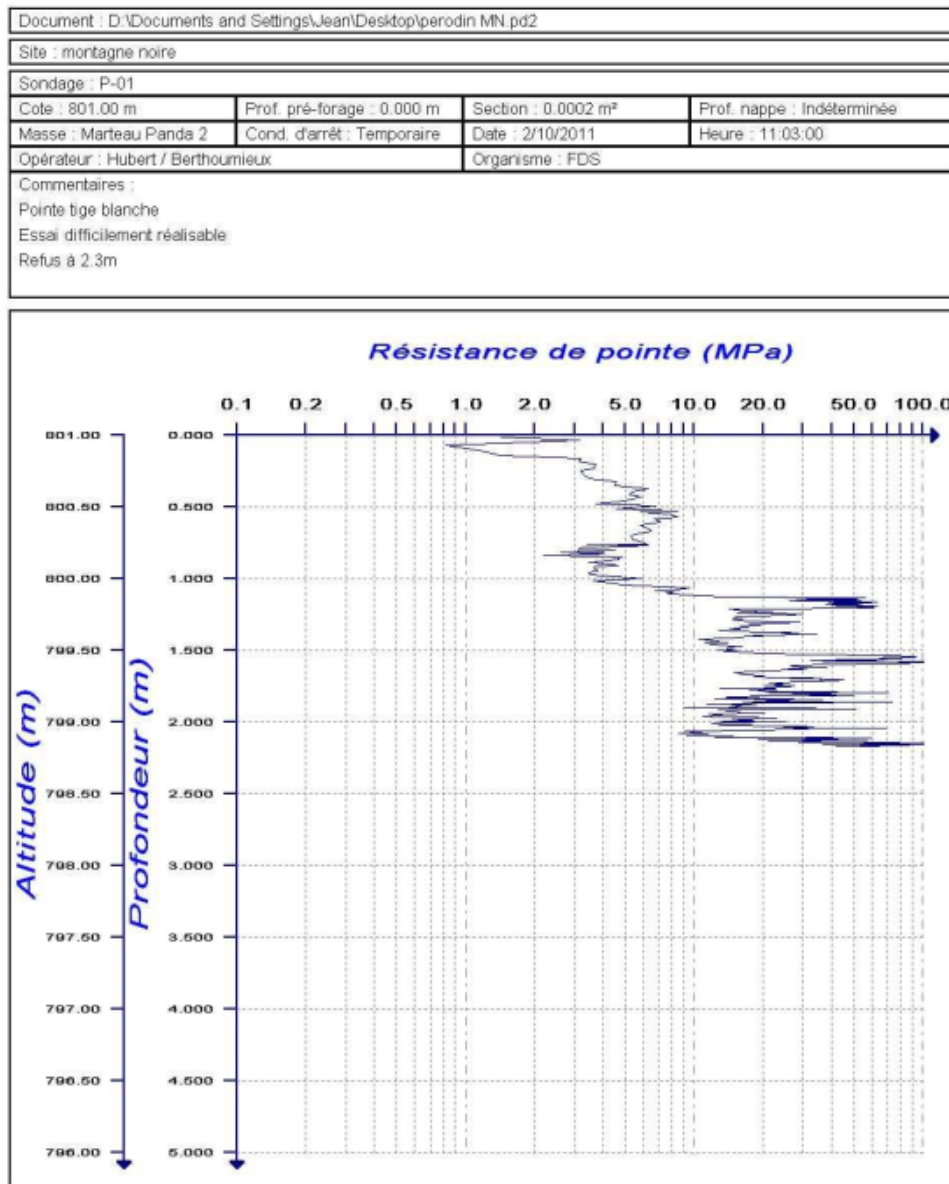


FIGURE 1.2 – Exemple de résultat d'un essai pénétrométrique

1.1. INTRODUCTION

des études de sols, il fait appel à des instances clés capables de les prendre en charge. Parmi celles accessibles dans le pays, les plus contactées restent :

- **URGéo** Unité de Recherche en Géosciences
- **BME** Bureau des Mines et de l'Energie
- **SICOD** Société d'Ingénierie Constructions et d'Orientations Diverses
- **LNBTP** Laboratoire National Du Bâtiment et des Travaux Publics
- **Géothechsol**

En général ces entreprises s'impliquent dans la construction et la recherche. Leur travail consiste à effectuer une reconnaissance/étude géotechnique des sites . Depuis plusieurs années ils se sont faits remarqués, notamment dans l'étude des sols avant la construction de grands bâtiments. Ils sont aussi impliqués dans la réalisation de ponts et de routes sur le territoire haïtien.

Cependant un problème persiste : les données recueillies par ces instances ne sont nullement en sécurité car elle sont stockées sur papier. De plus, le minimum qui est numérisé n'est pas intégré dans un environnement dédié à cela. L'analyse des données géotechniques sur toute l'étendue du territoire devient encore plus difficile car aucune instance ne dispose de l'intégralité des tests effectués. Cela implique une exploitation non optimale de ces données.

1.1.2 Problématique

Comment arriver à créer une base de données permettant de présenter et référencer l'ensemble des données géotechniques dans un Système d'Information Géographique (SIG) ?

1.1.3 Panorama du projet

Avant d'entrer d'emblée dans le vif du sujet, nous aborderons d'abord l'état de l'art. Cette phase va nous permettre de capitaliser le savoir et le savoir-faire existants, et de ne pas refaire des expériences qui auraient déjà été faites et dont les conclusions ont déjà été validées par des pairs.

Par la suite, on se penchera sur les différents éléments de réponse que l'on pourrait apporter au problème confronté. Enfin nous mettrons l'emphasis sur l'implémentation des diverses solutions que l'on propose.

1.2 Étude de l'existant

1.2.1 Les BDD géotechniques dans le monde

Un système de gestion des informations géotechniques s'avère incontournable dans un environnement de géoscience. Beaucoup d'universités et d'entreprises privées ainsi que l'état dans certains pays à travers le monde se sont déjà penchés sur la question.

Les résultats divergent sur quelques détails à propos des technologies utilisées mais l'objectif est généralement le même : constituer une base de données renseignée regroupant tous les points (sondages, essais in situ ou en laboratoire) améliorant la connaissance des caractéristiques géomécaniques des formations d'une zone. Par exemple, dans les Caraïbes, plus précisément sur l'île de Cayenne, un tel système a permis de mieux appréhender les types de problèmes spécifiques au site, et donc de mieux dimensionner les campagnes de reconnaissance géotechniques, aussi bien sur le plan technique que financier [2].

L'une des faiblesses de certains projets est l'utilisation des outils de Microsoft qui ne semblent pas assez adéquats. Ils sont trop génériques, ce qui empêche un stockage intelligent des données géotechniques [1].

D'autres se basent de préférence sur la Conception d'une architecture d'information géotechnique à l'aide de services Web [7]. Cette architecture d'information a été implémentée à Los Angeles afin de permettre les échanges d'informations géotechniques accessibles pour tous. Les avantages apportés par une telle application pourraient tant se sentir pour des études concernant les risques sismiques que pour une meilleure approche lors des estimations effectuées par des compagnies d'assurance.

Au Canada, plusieurs projets identiques ont vu le jour, notamment l'élaboration d'une base de données géoscientifiques dans le but d'aider à la finalisation de la cartographie des dépôts en surface et en subsurface [5].

En 2011, un séisme a frappé la région de Canterbury (Nouvelle-Zélande). Une base de données en ligne a été développée pour la reconstruction de Christchurch à la suite du tremblement de terre : La base de données géotechniques de Canterbury (CGD). Elle a été conçue comme un référentiel consultable pour le partage d'informations géotechniques existantes et nouvelles ainsi que des applications géotechniques de soutien pour les autorisations de construction.

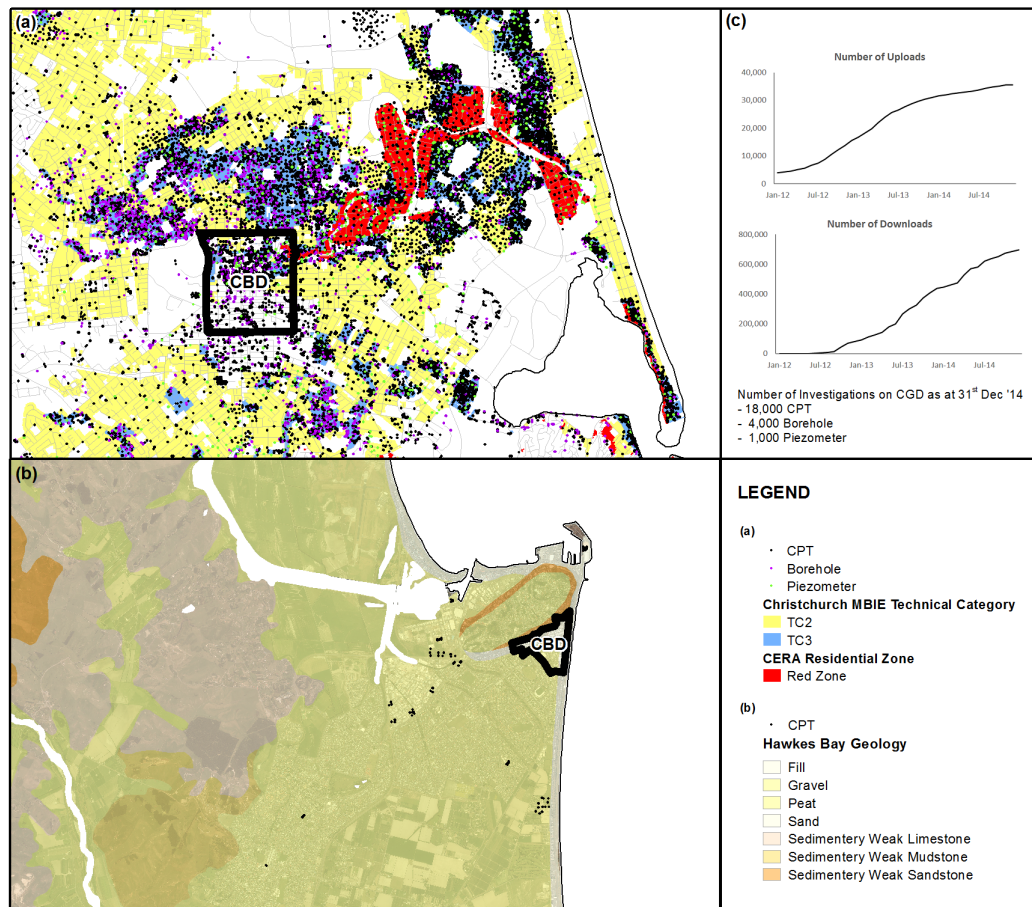


FIGURE 1.3 – Visualisation des résultats de la base de données de Canterbury.

En mars 2015, la base de données contient plus de 18000 enregistrements d'essais de pénétration de cône, 4000 forages, 1000 piézomètres accompagnés de registres de surveillance des eaux souterraines, 6000 enregistrements de tests de laboratoire plus d'autres données.

Le CGD (Figure : 1.3) a été conçu comme un référentiel consultable pour les informations géotechniques existantes et nouvelles ainsi que des applications géotechniques de soutien pour les autorisations de construction. Tandis que les données sont principalement utilisées pour la conception géotechnique de l'amélioration du sol, la fondation du bâtiment réparations, fondations de nouveaux bâtiments et conception géotechnique pour les réparations d'infrastructures, il peut également être utilisé à des fins plus stratégiques telles que l'aide à la récupération pour de futurs catastrophes naturelles. [6]

1.2. ÉTUDE DE L'EXISTANT

L'Afrique ne fait pas exception à la liste des multiples endroits ayant adopté l'idée de concevoir des bases de données géotechniques. Par exemple, celle de la ville de Tunis (Tunisie) est orientée vers la cartographie géotechnique.

Le modèle choisi a permis, après une analyse préliminaire très importante, une description globale et totale de toutes les données géologiques et géotechniques collectées sur le site de Tunis. Il assure, de plus, une indépendance physique et logique, un partage des données (une même donnée accessible par plusieurs programmes), une non redondance des données, une grande facilité des relations entre fichiers indépendants, une intégrité (validité) totale des données. *S'y ajoutent une souplesse remarquable d'interrogation de TUNIS-DATA-BANK assurée par l'emploi d'un langage d'interrogation spécifique et l'utilisation des opérateurs et des connecteurs logiques, une automatisation totale des tâches de la phase de la manipulation de la base de données et une sécurité totale des fichiers.* [4]

L'implémentation de tous ces SIG par des organismes internationaux résulte à des données considérées comme étant le système d'archivage officiel dans leur domaine de spécialité. Le rythme de migration de ces données dans le SIG Web connaît une croissance exponentielle.

Avec son mouvement vers le cloud et sur le Web, son intégration à l'information en temps réel via l'Internet des objets, le SIG est devenu une plateforme pertinente pour presque toutes les activités humaines - un système nerveux de la planète. Alors que notre pays est confronté aux problèmes de gestion et de vulgarisation des données géotechniques, les SIG joueront un rôle de plus en plus important et fourniront un moyen de communiquer des solutions en utilisant le langage commun de la cartographie.

1.2.2 Avantages d'un Système de gestion des Informations Géotechniques

Les avantages apportés par le développement d'un système d'information géotechnique sont multiples. L'un des plus importants est la facilité avec laquelle les données peuvent être visualisées, filtrées et manipulées. De plus, le risque de trouver des informations inexactes est considérablement réduite grâce aux protocoles du métier, à la validation des données et aux processus de contrôle approfondis.

Une étude réalisée par Goldin et al., (2008) a montré qu'en moyenne 1,24% des entrées de données dans Excel sont saisies de manière incorrecte; l'erreur alors composée chaque fois que les données sont réintroduites. La mise en place «à entrée unique» d'une base de données bien conçue réduit

1.2. ÉTUDE DE L'EXISTANT

BDD	Propriétaire	Description
British Geological Survey (BGS)	Royaume-Uni	Fournisseur de données, d'informations et de connaissances géoscientifiques objectives britannique
SERNAGEOMIN (Figure :1.4)	Gouvernement du Chili	Génération d'informations géologiques sur le territoire chilien, ses dangers géologiques et sa mise à disposition des citoyens
La base de données géotechniques de Canterbury (CGD).	Gouvernement de la Nouvelle Zélande	Génération d'informations géologiques sur le territoire chilien, ses dangers géologiques et sa mise à disposition des citoyens

TABLE 1.1 – Quelques exemple de BDD géotechniques dans le monde

les erreurs de transcription humaine, source majeure d'inexactitude pour les entreprises traitant de grandes quantités de données géotechniques. [3]

Ce projet peut aussi être conçu comme un référentiel consultable pour le partage d'informations géotechniques existantes et nouvelles. Il sera un outil de soutien pour les autorisations de construction délivré par l'État haïtien.

Ces données peuvent également être utilisées à des fins plus stratégiques telles que l'aide à la relèvement en cas de futures catastrophes naturelles. Elles peuvent être utiles pour l'élaboration des processus réglementaires. La vaste base de données géotechniques combinée à d'autres ensembles de données permettra un examen et une modélisation approfondis du terrain et la performance de l'infrastructure à construire.

Les leçons tirées de ces analyses peuvent être appliquées pour améliorer la résilience et également utilisé pour éclairer les décisions de politique réglementaire dans d'autres domaines en Haïti.

En plus du partage des données, une base de données géotechniques offre les avantages suivants :

- Diminution des coûts de maintenance des données géotechniques
- Les professionnels peuvent accéder plus facilement aux informations géotechniques fournis par d'autres, économisant certains frais d'enquête
- Des évaluations de haut niveau peuvent être effectuées pour des projets utilisant des informations de la zone environnante pour mieux

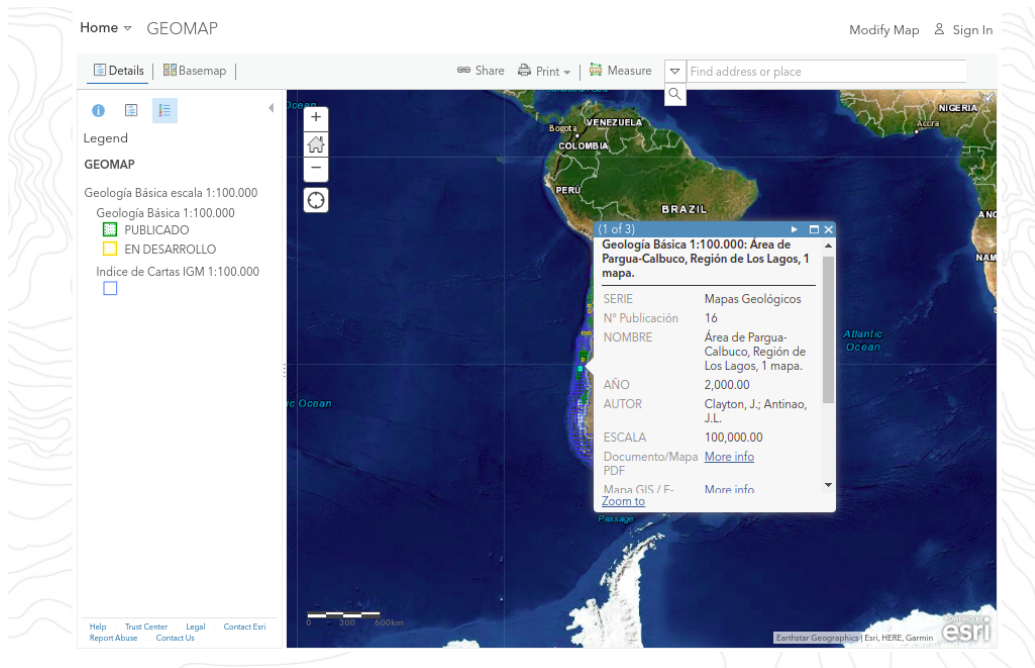


FIGURE 1.4 – Webmap de SERNAGEOMIN

renseigner le profil géotechnique avant de s'engager à études plus détaillées

- Les données d'une zone peuvent être accessibles pour servir de référence pour le terrain dans des contextes géologiques similaires
- Les fournisseurs d'infrastructure peuvent être mieux informés et mieux cibler les zones les plus vulnérables, et, suite à un événement, optimiser les réparations
- Les données souterraines peuvent être fournies aux autorités réglementaires et les décideurs pour leur permettre de prendre les décisions d'aménagement du territoire et déterminer la pertinence des stratégies et solutions d'investissement
- Les entrepreneurs spécialisés peuvent évaluer les opportunités investir dans des équipements spécialisés et améliorer les sols de construction
- Améliorer la modélisation de sinistres catastrophes pour les assurances et la gestion des dangers. Cela faciliterait la réalisation de scénario approprié

Cette base de données géotechniques permet aussi à la communauté scientifique d'avoir accès à certaines données qui normalement seraient hors de portée cause des contraintes budgétaires. La recherche devient alors plus facile

1.3. CHEMINEMENT DE LA SOLUTION

	Avantages
1	Réduction du risque de trouver des informations inexactes
2	Pas de duplication des données
3	Création d'un référentiel consultable pour le partage d'informations géotechniques
4	Diminution des coûts de maintenance des données géotechniques
5	Disponibilité des données géotechniques
6	Sécurité des données géotechniques
7	Faciliter les prises de décisions d'aménagement du territoire et déterminer la pertinence des stratégies et solutions d'investissement
8	Améliorer la modélisation de sinistres catastrophes pour les assurances

TABLE 1.2 – Listes de quelques avantages d'une base de données géotechniques dans le domaine de la géotechnique en Haïti.

Étant donné que cet outil n'existe pas encore en Haïti, l'ampleur de ce projet fait donc surface. D'où l'implémentation qui suit.

1.3 Cheminement de la solution

1.3.1 Implémentation d'une BDD géotechniques

Numérisation des données

Au cours de la première étape, des données seront recueillies à travers diverses instances, principalement l'URGéo ainsi que d'autres partenaires. Enregistrées sous divers formats (papiers, CSV, PDF entre autres), ces données seront par la suite normalisées puis numérisées. En effet, une structure uniforme devra être imposée afin de satisfaire la compréhension de tout particulier et le partage de ces données. Cette étape a rapport à la standardization des données et aux protocoles adoptés.

Intégration de ces données dans une BDD

Évidemment, une simple numérisation ne changerait point grand chose si les données restent stockées sur des disques comme à l'ancienne. Ainsi, la normalisation ayant apporté un standard et une uniformité au sein des

1.3. CHEMINEMENT DE LA SOLUTION

informations enregistrées, ces dernières pourront parfaitement être intégrées dans une base de données créée à cette fin. Une fois implémentée, cette base pourra héberger toutes les informations géotechniques relatives à une analyse effectuée par l'une des instances concernées. Plus explicitement, l'URGéo pourra enregistrer les résultats obtenus lors d'un forage, en alimentant la BDD tout en respectant les critères de standardisation.

Bien qu'efficace, cette BDD géotechniques reste un concept assez abstrait pour un concerné direct qui ne verra aucune différence entre ce nouveau format et les fichiers auxquels il était précédemment habitué.

1.3.2 Utilisation d'un SIG

Connection de la carte d'Haïti et de la BDD

Comme réalisé dans différents pays à travers le monde, la prochaine étape consistera à utiliser un Système d'Information Géographique (SIG) capable de faciliter l'interprétation scientifique de ces données. Les SIG permettent aux utilisateurs de créer leurs propres couches de cartes afin de résoudre des problèmes concrets. Ils ont également évolué ces dernières années pour devenir un moyen de partage de données et de collaboration, inspirant une vision qui devient aujourd'hui une réalité. Une base de données qui couvre pratiquement tous les sujets ; dans le cas présent, ce sera la géotechnique. Une fois le SIG lié à la base, tout intéressé pourra accéder aux informations enregistrées, dans un format plus conventionnel. Cela facilitera la visualisation des données. Dans le cadre de ce projet, il pourra trouver les résultats des tests effectués au niveau d'une zone précise.

Utilisation de fonds de carte

Une fois les informations accessibles, l'interprétation devient plus évidente ; ce qui peut, pourtant, s'avérer insuffisant. Par ailleurs, des images relatives au contexte recherché par le scientifique le mettra dans un environnement avec le maximum de détails. De ce fait, différents fonds de carte seront mis à la disposition de ce dernier, facilitant sa manipulation des données. L'ingénieur civil voulant faire des études en hydraulique pourra ainsi interpréter les données relatives à son domaine en sélectionnant le fond de carte qui lui convient.

Désormais, tout particulier pourra accéder aux données de la BDD géotechnique en se référant à son domaine d'étude. Néanmoins, jusque-là, l'accès

1.4. PERSPECTIVE DE RÉALISATION

direct aux données de la base demandera l'intervention d'un expert en base de données.

1.3.3 Visualisation des données

Implémentation d'un UI intégrant un webmap

Finalement, la dernière étape consistera à mettre à la disposition de nos utilisateurs finaux une interface adéquate et facilement accessible, leur permettant ainsi d'interagir avec la BDD. Grâce à cela, un administrateur pourra directement ajouter, afficher, modifier ou supprimer des informations sans avoir à contacter un expert en informatique. Quant aux simples visiteurs, ils auront la possibilité de visualiser les données sur une carte. Ces données vont permettre aux utilisateurs (ingénieurs, étudiants, etc) de prendre des décisions, d'analyser des situations précises, ou encore de donner des alertes par rapport à des événements précis.

En effet, l'autonomie de tous les utilisateurs sans formation préliminaire traduira la performance de l'application. L'expérience utilisateur n'est pas anodin dans le développement d'un tel système.

Publication de l'interface

Quelle serait l'utilité d'une application de cette envergure si sa portabilité n'était pas prise en compte ? - Aucune. Par conséquent, son déploiement dans le cloud relèvera d'un processus incontournable afin de la mettre à la disposition de tous les intéressés. Désormais, n'importe qui aura la possibilité d'accéder au portail web sans installation préalable. Néanmoins, pour une question de sécurité, certaines fonctionnalités exigeront à l'utilisateur/administrateur une authentification.

1.4 Perspective de réalisation

Étant plus que pragmatiques, nous ne nous limiterons pas à proposer uniquement une solution théorique. Nous mettrons la main à la pâte afin de donner des résultats palpables et fonctionnels.

Pour ce faire, nous définissons un cheminement, un ensemble d'étapes à respecter pour aboutir à un résultat optimal au moindre coût. Ce cursus comprend cinq grandes étapes :

- **L'initialisation du projet** : Cette étape marque le début de notre long parcours et aura comme principaux objets la prise de connaissance du problème (dans le CDC) et l'identification des vœux l'URGéo.

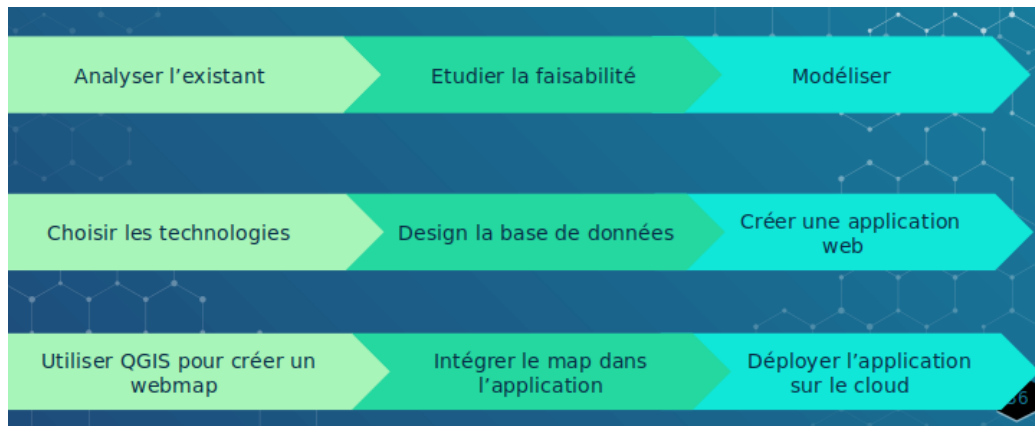


FIGURE 1.5 – Cheminement de la solution

- **Planification :** Tout grand projet digne de ce nom doit être planifié. C'est au cours de cette étape que l'état de l'art sera traité pour prendre connaissance de l'existant et s'inspirer des travaux similaires déjà réalisés. Puis vient la phase de l'analyse, de l'évaluation des coûts du projet, du choix de l'architecture, des modèles, ainsi des technologies et des méthodes que l'on aura à utiliser.
- **Exécution :** L'essence de cette étape se trouve dans la réalisation même du projet, que ce soit en matière de base de données ou de programmation.
- **Monitoring et contrôle :** Ici il s'agit d'effectuer des tests sur la qualité du produit final et de vérifier si on a atteint le résultat escompté. Notons que cette partie pourra se faire en parallèle avec l'exécution, en faisant de l'intégration continue.
- **Fermeture :** Enfin, on aboutit à la clôture du projet après déploiement et une potentielle période de maintenance.

Chapitre 2

Analyse des besoins

Nous débutons la conception de notre système en analysant la situation pour prendre note des différentes contraintes, des risques et tout autre élément pertinent dans le but de satisfaire l'intégralité des besoins de l'URGéo. Nous sommes déjà imbus du contexte de développement du système, par conséquent, nous allons, dans cette partie, nous concentrer sur les besoins et les contraintes de l'application.

2.1 Besoins et contraintes

Il s'agit de la conception d'une base de données géotechniques et d'une application web permettant de visualiser ces données. Définissons d'abord tous les besoins des différents utilisateurs du système.

Identification des acteurs du système

Pour connaître les différents besoins des utilisateurs, nous devons avant tout relever la liste des différents utilisateurs eux-mêmes. Nombreux sont ceux qui auront à utiliser le système. Nous appellerons ces différents utilisateurs les **acteurs** du système.

L'application est disponible pour tout le monde notamment les professionnels en géosciences, les ingénieurs, les étudiants, les banques, les compagnies d'assurance, etc. Ces acteurs sont divisés en trois (3) catégories :

- **les visiteurs** : Un visiteur est un utilisateur lambda qui se rend sur l'application pour rechercher et visualiser les données mises disponibles par l'URGéo et les instances associées.
- **les administrateurs** : Un administrateur est un utilisateur avec plus de privilèges. Il a non seulement les droits d'un visiteur, mais

2.1. BESOINS ET CONTRAINTES

aussi d'autres attributions. Il est obligatoire pour lui de s'authentifier pour pouvoir effectuer certaines actions sur les systèmes. Seront administrateurs, toute personne désignée par l'URGéo ou les partenaires de l'URGéo. Le plus souvent, ce seront les stagiaires responsables de l'entrée des données.

- **les superadmins** : Un super-administrateur est un super utilisateur. Il a non seulement les droits d'un visiteur, ceux de l'administrateur mais aussi d'autres attributions. Il est obligatoire pour lui de s'authentifier pour pouvoir effectuer certaines actions sur les systèmes. Seront superadmins, toute personne désignée par l'URGéo.

Besoins des différents utilisateurs

Étant donné que l'on a deux types d'utilisateurs avec des privilèges différents, le système doit impérativement comporter un mode de gestion des utilisateurs et des droits d'accès.

Le visiteur Le visiteur a à sa disposition une carte d'Haïti marquée aux différents endroits où des tests géotechniques ont été réalisés. À n'importe quel moment, il peut décider d'effectuer une recherche par mot clé et s'attend à ce que le résultat de sa recherche s'affiche sur la carte. Il a aussi l'option de l'afficher sous la forme d'une liste, il a la possibilité de filtrer selon son choix. Cette dernière peut être téléchargée sous format CSV. En support aux informations spécifiques à un test se trouvant à un endroit bien précis sur la carte, le visiteur a aussi l'accès au résultat du test se trouvant dans un fichier PDF qu'il peut télécharger.

Aussi, plusieurs fonds de carte seront disponibles permettant au visiteur d'adapter le résultat de ses recherches au contexte idéal (topographie, hydraulique,...)

Le visiteur peut aussi décider de lire, de commenter ou de laisser un message (de manière anonyme ou pas) sur le forum dédié à l'application.

L'administrateur Avant tout, il peut réaliser toutes les actions d'un visiteur. De plus, après s'être authentifié au moyen de son adresse électronique et de son mot de passe, il peut interagir directement avec la base de données. En cas d'oubli de son mot de passe, le système lui envoie un lien de réinitialisation de mot de passe à son email. Pour jouer son rôle d'administrateur, il est redirigé vers *l'interface de l'administrateur*. Dans ce module, l'administrateur peut :

- **Ajouter un test** : Il s'agit de rentrer les informations relatives à un test pour l'ajouter dans la base de données. Ces informations sont

2.1. BESOINS ET CONTRAINTES

de types différents (nom :texte, identifiant :entier, date du test :date, types de test :entier, date d'enregistrement :date, etc¹)

- **Modifier un test** : Si pour une raison ou pour une autre un test doit être modifié, l'administrateur est en mesure de le faire après s'être authentifié. Un message lui sera affiché à l'écran dépendamment de la réussite ou de l'échec de son action.
- **Supprimer un test** : La suppression d'un test est aussi possible. Un message de confirmation précède la validation de l'exécution de cette action car elle est irréversible.

De plus, si l'URGéo juge que le commentaire d'un visiteur doit être supprimé, l'administrateur est apte à réaliser cela.

Chaque action effectuée par un administrateur sera enregistrée automatiquement pour permettre la traçabilité et la non-répudiation². Ainsi, un module permettant de visualiser uniquement les logs³ du système. Par conséquent, on peut savoir la date et l'heure précise où un administrateur ouvre une session, affiche, ajoute, modifie ou supprime une donnée. Nul utilisateur ne pourra altérer ces données.

Le superadmin Avant tout, il peut réaliser toutes les actions d'un visiteur. De plus, après s'être authentifié au moyen de son adresse électronique et de son mot de passe, il peut interagir directement avec la base de données et effectuer aussi les mêmes actions que l'administrateur. Dans ce module, le superadmin peut :

- **Ajouter un utilisateur** : Il s'agit de rentrer les informations relatives à un utilisateur pour l'ajouter dans la base de données. Ces informations sont de types différents (nom :texte, prénom identifiant :entier, type d'utilisateur, etc⁴)
- **Modifier un utilisateur** : Si pour une raison ou pour une autre les informations d'un utilisateur doivent être modifiées, le superadmin est en mesure de le faire après s'être authentifié. Un message lui sera affiché à l'écran dépendamment de la réussite ou de l'échec de son action.
- **Activer ou désactiver un utilisateur** : Il s'agit d'autoriser ou non un administrateur à utiliser l'application.

1. Les différents champs et leur type seront détaillés dans l'étude des diagrammes à la fin du chapitre

2. On abordera cette partie dans la section sécurité du chapitre 3.

3. Historique des actions effectuées sur un système informatique.

4. Les différents champs et leur type seront détaillés dans l'étude des diagrammes à la fin du chapitre

2.1. BESOINS ET CONTRAINTES

Utilisateurs	Besoins	Contraintes
Visiteur	<ul style="list-style-type: none"> · la cartographie d'Haïti · les fonds de carte · faire des recherches · de filtrer les données · télécharger les résultats des tests · une navigation simple et attrayante 	
Administrateur	<ul style="list-style-type: none"> · tous les besoins du visiteur · ajouter un test · modifier un test · supprimer un test · supprimer un commentaire 	Authentification
Superadmin	<ul style="list-style-type: none"> · tous les besoins du visiteur · tous les besoins d'un admin · voir les logs · ajouter un administrateur · modifier un administrateur · activer un administrateur · désactiver un administrateur 	Authentification

TABLE 2.1 – Tableau des utilisateurs et de leurs besoins

2.2. APPROCHE DE TRAVAIL

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.2 Approche de travail

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.3 Méthodologie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla.

2.4. STRUCTURE MODULAIRE

Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.4 Structure modulaire

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.5 Préparation des documents

Étant donnée que la majorité des rapports et résultats des tests sont disponibles sous forme papier, la première étape a consisté à scanner les documents. Pour ce faire nous adoptons une protocole : on assure la traçabilité de chaque document les munissant d'une cartouche reprenant une série d'informations. Voici la liste des informations qui forme une cartouche :

- **Lieu** : Il s'agit de l'endroit où l'étude a été effectuée.
- **Date** : Il s'agit de la date à laquelle l'étude a été effectuée.
- **Maître d'ouvrage** : Il s'agit du client pour lequel l'étude est effectuée.
- **Maître d'œuvre** : Il s'agit de la personne ou l'entreprise chargée de l'étude.
- **Réf Numéro Étude** : Il s'agit d'un identifiant unique permettant de tracer une étude.

2.6. MODÉLISATION AVEC UML

Lieu	Delmas
Date	Janvier 2020
Maître d'ouvrage	Faculté Des Sciences
Maître d'œuvre	URGéo
Réf Numéro Étude	1234

TABLE 2.2 – Exemple de cartouche sur un document d'étude géotechnique

2.6 Modélisation avec UML

2.6.1 Diagramme des cas d'utilisation

Cas général

Trois niveaux d'acteurs sont à considérer au sein du système : un visiteur, un administrateur et un super administrateur. La hiérarchisation permet que chaque niveau ait accès aux droits du niveau immédiatement inférieur. De ce fait, un super administrateur est également un administrateur et un visiteur en plus de son niveau direct.

Pour commencer, le visiteur a des droits d'accès très restreints :

- Parcourir le webmap : Le visiteur peut voir l'ensemble des informations géotechniques disponibles sur la carte.
- Changer de fond de carte : Afin de mieux illustrer le contexte marquant l'intérêt du visiteur, une variété de fonds de carte est accessible sur le site. Ainsi, l'utilisateur peut puiser dans le champs de choix qui lui sont proposés.
- Visionner les données enregistrées : En cliquant sur une légende précise, le visiteur peut voir les données qui ont été préalablement enregistrées dans la base de données.
- Effectuer des recherches : Deux options s'offrent aux utilisateurs. Ces derniers peuvent afficher tous les résultats au cours de la recherche, ou encore ils peuvent se fixer des filtres capables de mieux limiter les plages des résultats.
- Accéder aux résultats d'un test : Une fois les résultats obtenus, le visiteur peut soit simplement les afficher, soit les imprimer.

De son côté, l'**administrateur** s'occupe de la gestion des informations au sein de la base de données. En plus des droits de visiteur, ce type d'utilisateur peut :

- Ajouter des informations géotechniques : L'admin peut ajouter des informations dans la bdd, qui sont reflétées sur la carte.

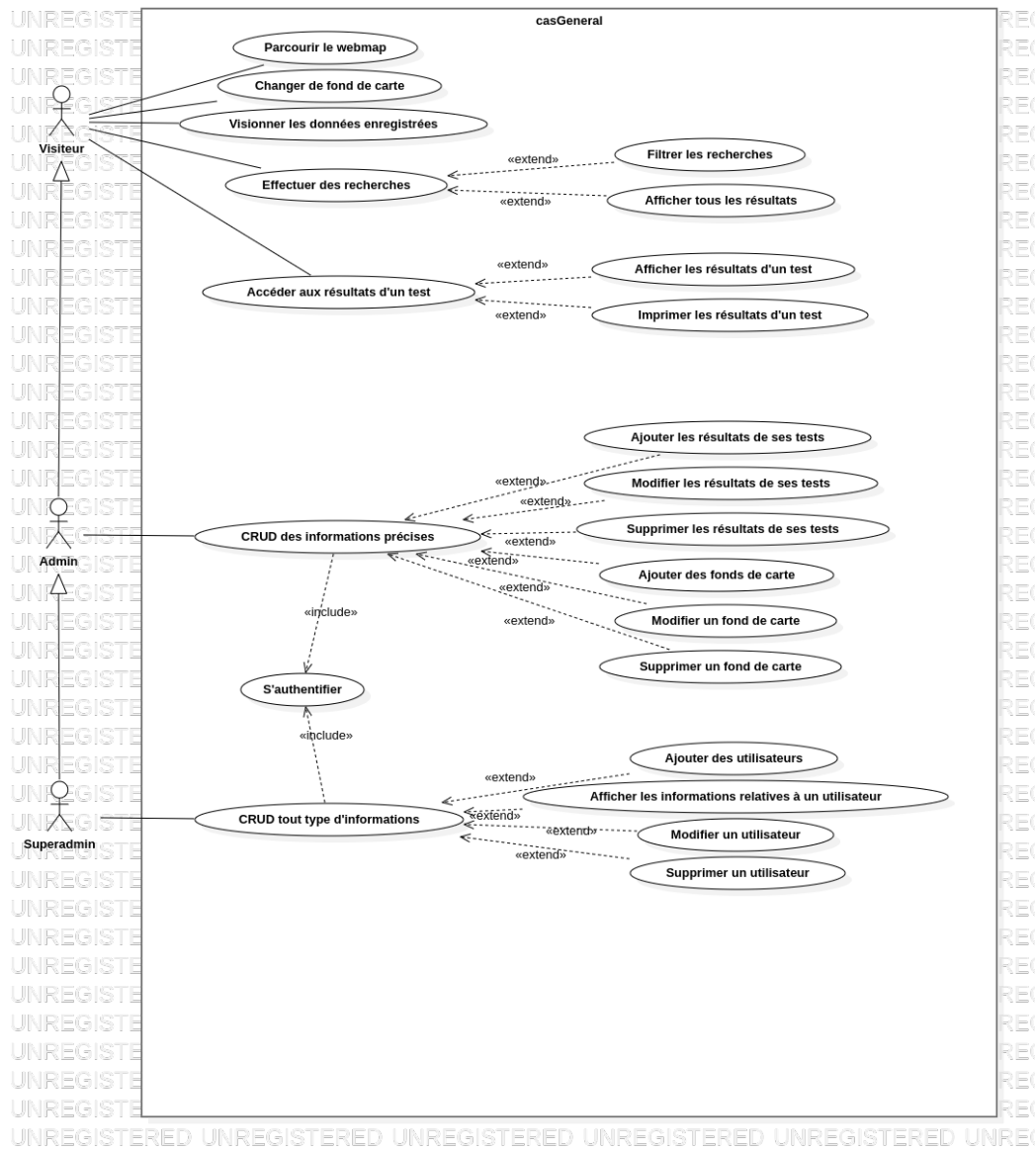


FIGURE 2.1 – Diagramme des cas d'utilisation général

2.6. MODÉLISATION AVEC UML

- Modifier les informations qu'il avait préalablement enregistrées : Il ne peut modifier que les informations qu'il avait lui-même ajoutées.
- Supprimer les informations qu'il avait préalablement enregistrées : Tout comme il en est pour la modification, il ne peut supprimer que les informations qu'il avait lui-même ajoutées.
- Ajouter un fond de carte
- Supprimer un fond de carte

Évidemment, aucune de ces actions ne saura avoir lieu tant que l'administrateur ne s'est pas authentifié.

En dernier lieu, le super administrateur joue surtout un rôle de gestionnaire en ressources humaines. Une fois authentifié, en plus des droits d'accès d'un simple administrateur, cet utilisateur peut :

- Ajouter des utilisateurs
- Modifier les utilisateurs
- Afficher les informations relatives aux différents utilisateurs, pouvant ainsi retracer toutes les actions posées par un utilisateur du système.
- Supprimer ou désactiver un utilisateur : La différence se fait remarquer par le fait que le super admin peut supprimer complètement un utilisateur ainsi que toutes les informations y relatives ou simplement désactiver le compte d'un utilisateur sans, pour autant, éliminer ses données.

Chapitre 3

Implémentation

3.1 Choix des technologies

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3.2 La hiérarchie dans l'application

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi,

3.3. *ERGONOMIE*

congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3.3 Ergonomie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3.4 Déploiement

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3.5 Sécurité du système

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus

3.6. LIMITATIONS DU SYSTÈME

et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3.6 Limitations du système

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3.7 Coûts

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Chapitre 4

Conclusion

4.1 Améliorations futures

4.1.1 Suite du projet

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4.1.2 Défis rencontrés

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla.

4.2. BILAN

Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4.1.3 Propositions

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4.2 Bilan

Ce projet nous a donné l'opportunité de prendre connaissance des certaines réalités du monde de l'ingénieur. Il a été un complément, un support pour différents cours suivis durant ces cinq années à la Faculté. La réalisation de Géotech a permis de démistifier, de concrétiser beaucoup de notions et de matérialiser certains concepts. Il illustre les théories en nous mettant dans un cadre professionnel avec l'URGéo.

Ce projet s'avère très utile dans notre formation. Il a été une expérience très enrichissante. Maintenant nous sommes en mesure de forger un jugement professionnel en ce qui a trait aux différents points élaborés dans Géotech.

Bibliographie

- [1] Antoljak, Strahimir, and Carrona. Subsurface databases in geoenvironmental engineering. *Chemical Engineering Transactions*, 2012.
- [2] Renault O Gandolfi J-M, Meilhac A. Elaboration d’une base de données géotechniques sur l’île de cayenne. Technical report, 2001. Notice d’utilisation du logiciel BD-GTC _ version 2.1.
- [3] Sean Keen, Alex Hossack, and Mehmet S Kizil. Development and implementation of a geotechnical database management system. 2015.
- [4] N. Mongereau and A. Kaaniche. Conception et réalisation d’une base de données géologiques et géotechniques orientée vers la cartographie géotechnique : application a la ville de tunis (tunisie). Technical report, 1988.
- [5] HAJ Russell, C Logan, TA Brennand, MJ Hinton, and DR Sharpe. Regional geoscience database for the oak ridges moraine project (southern ontario). *Current Research*, pages 191–200, 1996.
- [6] J Scott, S van Ballegooy, M Stannard, V Lacrosse, and J Russell. The benefits and opportunities of a shared geotechnical database. In *6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Christchurch, New Zealand. Retrieved from [https://secure.tcc.co.nz/ei/images/ICEGE15% 20Papers/Scott_700. 00. pdf](https://secure.tcc.co.nz/ei/images/ICEGE15%20Papers/Scott_700.00.pdf)*, 2015.
- [7] Zimmermann, Roger, Bardet, Jean-Pierre, Ku, Wei-Shinn, Hu, Jianping, Swift, and Jennifer. Design of a geotechnical information architecture using web services. In *Proceedings of the Seventh World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2003)*, pages 27–30. Citeseer, 2003.

appendix appendix appendix appendix appendix appendix appendix
appendix appendix appendix appendix appendix

Annexes

appendix one	29
appendix two	29