

UNIVERSITÉ D'ÉTAT D'HAÏTI

GéoTech

Projet de fin d'étude

Création d'une base de données documentaire et cartographique pour la gestion intégrée des essais et du système d'un laboratoire géotechnique.

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



GéoTech

DUBUCHE Kevin J. & THEODORE Barbara G.

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

1^{er} février 2021

Table des matières

0.1	Résumé	1
0.2	Remerciements	2
0.3	Glossaire	3
1	Contexte	6
1.1	Introduction	6
1.1.1	Généralités	6
1.1.2	Problématique	7
1.1.3	Panorama du projet	7
1.2	Étude de l'existant	8
1.2.1	Les BDD géotechniques dans le monde	8
1.2.2	Avantages d'un Système de gestion des Informations Géotechniques	11
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 fonctionnels	15
2.2	Besoins non-fonctionnels	15
2.3	Approche de travail	16
2.4	Méthodologie	16
2.5	Structure modulaire	17
2.6	Structure des données	17
2.7	Diagrammes d'activité	18
3	Implementation	20
3.1	Choix des technologies	20
3.2	La hiérarchie dans l'application	20
3.3	Ergonomie	21

TABLE DES MATIÈRES

3.4	Déploiement	21
3.5	Sécurité du système	22
3.6	Limitations du système	22
3.7	Coûts	22
4	Conclusion	24
4.1	Améliorations futures	24
4.1.1	Suite du projet	24
4.1.2	Défis rencontrés	24
4.1.3	Propositions	25
4.2	Conclusion	25

0.1 Résumé

L'objectif principal de ce projet est de créer une base de données géotechniques accessible par Internet. Cette dernière permettra de mutualiser les données sur le sous-sol accumulées par différents organismes, tant publiques que privées, au cours de ces 50 dernières années. Cette application Web constitue donc un espace partagé permettant à ces différents organismes de centraliser et de gérer une banque de données géotechniques.

Abstract The main objective of this project is to create a geotechnical database accessible via the Internet. This database will make it possible to pool data on the basement accumulated by various organizations, both public and private, over the past 50 years. This web application therefore constitutes a space shared allowing these different organizations to centralize and manage a geotechnical database.

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 Remerciements

Nous réservons quelques lignes pour remercier plusieurs personnes qui ont apporté leur support à la réalisation de GéoTech :

- 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 ... ;

0.3 Glossaire

URGéo : L'Unité de Recherche en Géosciences a pour mission de mener des recherches dans les domaines des géosciences où elle a les capacités pour le faire. Cela implique une bonne compréhension des différentes problématiques liées au sol et au sous-sol et la proposition de moyens de mitigations adaptées à la réalité haïtienne.

Pour le moment, l'URGéo constitue l'une des rares unités de recherches dédiée aux géosciences dans le pays. Ces chercheurs prennent part à de grandes réunions savantes et scientifiques en Amérique du Nord, en Europe et dans les Caraïbes.

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). Sa mission principale est de promouvoir la recherche et l'exploitation des ressources minérales et énergétiques d'Haïti ainsi que les techniques appropriées y relatives.

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. Il s'adonne aux prélèvements des données des essais de laboratoire, des interprétations systématiques et aux recommandations techniques. Ils apportent leur support technique aux maîtres d'ouvrages dans la réalisation de leur chantier tout en observant les critères techniques de l'art.

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 civil.

Géothechsol Géothechsol est un Bureau d'Etudes en Ingénierie Géotechnique et Environnemental ainsi qu'en formulation de béton et ses essais mécaniques et physiques, qui s'est fixé pour objectif de vous apporter une réponse sérieuse et de qualité, adaptée à vos besoins dans le respect de vos contraintes. Ce bureau axe ses travaux sur les essais géotechniques et des sondages.

SIG ou GIS : Un système d'information géographique ou SIG (en anglais, Geographic Information System) est un système d'information conçu pour

0.3. GLOSSAIRE

recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.

BDD : Base De Données. Une base de données est une collection d'informations organisées afin d'être facilement consultables, gérables et mises à jour.

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

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.

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 : L'UI design est directement lié à l'UX design. 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. WGS84 est un système de coordonnées comprenant un modèle de la terre. Il est défini par un

0.3. GLOSSAIRE

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.

Géotechnique La géotechnique est la technoscience consacrée à l'étude pratique de la subsurface terrestre sur laquelle notre action directe est possible pour son aménagement et/ou son exploitation, lors d'opérations de BTP (génie civil, bâtiment, carrières), de gestion des eaux souterraines (exploitation, drainage) et de prévention des risques naturels.

Webmapping Le webmapping est un terme anglais qui signifie cartographie en ligne. C'est un terme assez vaste qui regroupe plusieurs aspects. Le webmapping est la forme de cartographie numérique qui utilise internet, pour créer et publier des cartes géographiques. En d'autres termes, c'est l'ensemble de plusieurs technologies qui permettent d'afficher une carte par internet.

Contexte

1.1 Introduction

1.1.1 Généralités

Importance des données géotechniques en Haïti

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 mou et rempli d'air peut conduire à un dépôt plus fort que souhaité, ce qui conduit à des fissures prématurées dans tout le bâtiment.

De ce fait, le plus sage est 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. De ce fait, des études sont réalisées lors de la construction de grandes infrastructures ou de routes.

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. D'autres part, lorsqu'ils sont numérisés, les fiches de référencement, contenant les informations relatives aux dossiers, sont souvent stockées sur supports durs.

1.1. INTRODUCTION

La perte des documents de référence entraînerait un travail colossal pour le recouvrement des informations relatives à chaque dossier.

Diverses instances séparées détiennent les données recueillies au cours de leurs études respectives. En effet, la sensibilité et l'importance de ces dernières exigent l'existence de responsables dédiés à cette fin. Ainsi, lorsqu'un particulier a besoin de faire des études de sols, il fait appel à des instances clés capable 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 et des échantillons sont sélectionnés pour des analyses au laboratoire.

Depuis plusieurs années ils se sont faits remarquer, 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.

1.1.2 Problématique

Comment arriver à gérer de façon optimale les données géotechniques en Haïti et mutualiser les données sur le sous-sol accumulées par différents organismes ?

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 des 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'accent 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, cela 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 a été l'utilisation des outils Microsoft qui ne semblent pas assez adéquats. *Ils sont trop génériques, ce qui empêche un stockage intelligent des données géotechniques*. [1] Ce problème est très courant dans de nombreuses entreprises qui s'attachaient au stylo et au papier et qui n'ont trouvé comme meilleure solution des feuilles de calcul.

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 dans la région de la moraine d'Oak Ridges*. [5]

CGD La base de données géotechniques de Canterbury (CGD) est une base de données en ligne qui a été développée pour la reconstruction de Christchurch à la suite du tremblement de terre de Canterbury 2010-2011 (CES). Il a été conçu comme un référentiel consultable pour le partage

1.2. ÉTUDE DE L'EXISTANT

d'informations géotechniques existantes et nouvelles ainsi que des applications géotechniques de soutien pour les autorisations de construction et de ressources. 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.

Ces données peuvent également être utilisées à des fins plus stratégiques telles que l'aide à la relèvement en cas de futures catastrophes naturelles, accroissement de la résilience d'autres régions de la Nouvelle-Zélande, modélisation des sinistres catastrophiques et information des processus réglementaires. La vaste base de données géotechniques combinée à d'autres ensembles de données permet un examen et une modélisation approfondis du terrain et la performance de l'infrastructure construite. 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 de Zélande.

Le CGD 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 et de ressources. 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, augmentation de la résilience d'autres régions de la Nouvelle-Zélande. [6]

L'Afrique ne fait pas exception à la liste des multiples pays ayant adopté l'idée de concevoir une base 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 non codification des données géologiques, 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]

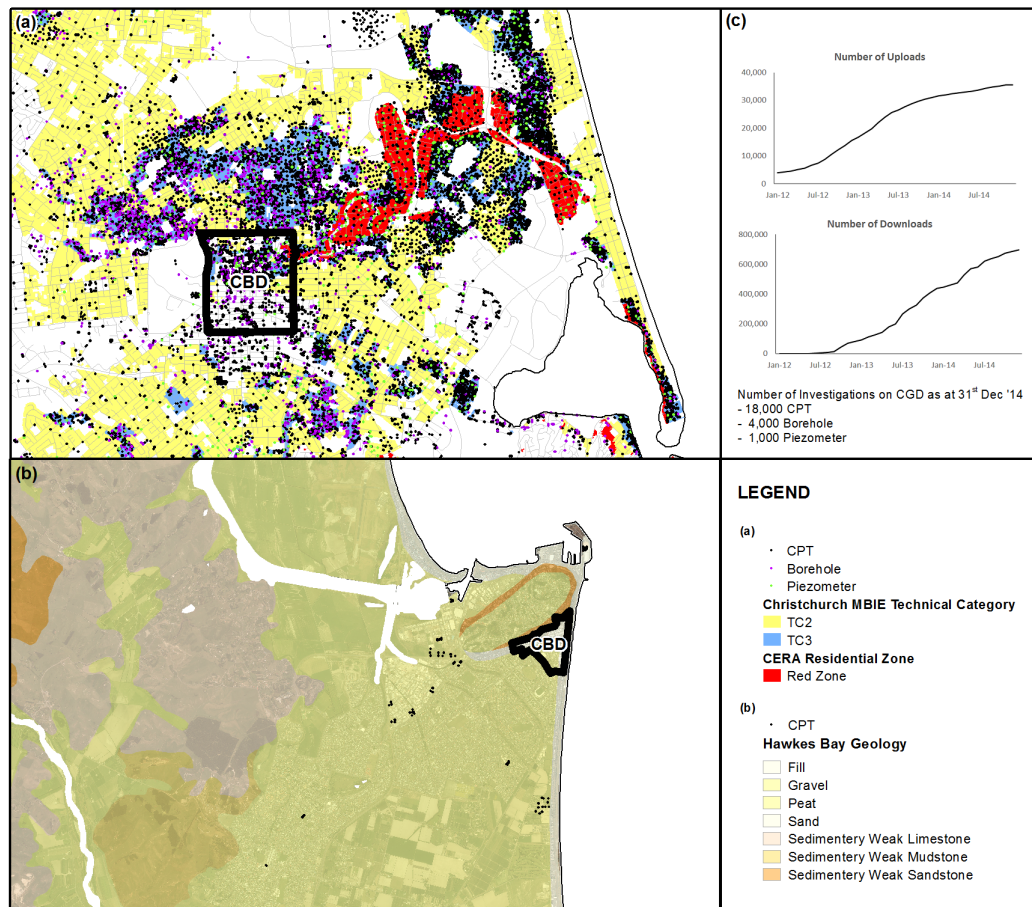


FIGURE 1.1 – Visualisation des résultats de la base de données de Canterbury.

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.

1.3. CHEMINEMENT DE LA SOLUTION

1.2.2 Avantages d'un Système de gestion des Informations Géotechniques

Un avantage d'un système de gestion de données géotechniques est la facilité avec laquelle les données peuvent être visualisées, filtrées et manipulées. De plus, grâce aux règles métier, à la validation des données et aux processus de contrôle de qualité approfondis, le risque de trouver des informations inexactes sont considérablement réduites. Une base de données correctement conçue ne nécessitera que les entrées de données une fois, éliminant le besoin de ré-entrée et de reformatage. 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 composés chaque fois que les données sont réintroduites. La mise en place «à entrée unique» d'une base de données bien conçue réduit les erreurs de transcription humaine, source majeure d'inexactitude pour les entreprises traitant de grandes quantités de données géotechniques. [3]

Étant donné que cet outil n'existe pas 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 ; par exemple WGS84.

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 informations enregistrées, ces dernières pourront parfaitement être intégrées dans une base de données créée à cette fin. Une fois implémentée, cette base

1.3. CHEMINEMENT DE LA SOLUTION

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

1.4. PERSPECTIVE DE RÉALISATION

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 un interface adéquat et facilement accessible, les 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

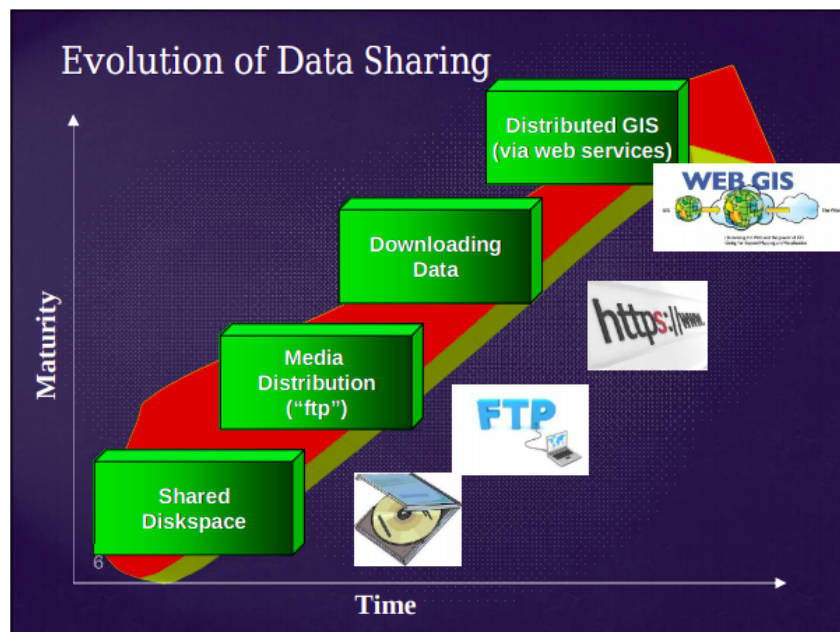


FIGURE 1.2 – Cheminement de la solution

Analyse des besoins

2.1 Besoins fonctionnels

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 Besoins non-fonctionnels

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

2.3. APPROCHE DE TRAVAIL

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 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.

2.4 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. 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 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.

2.6 Structure des données

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.

2.7 Diagrammes d'activité

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.

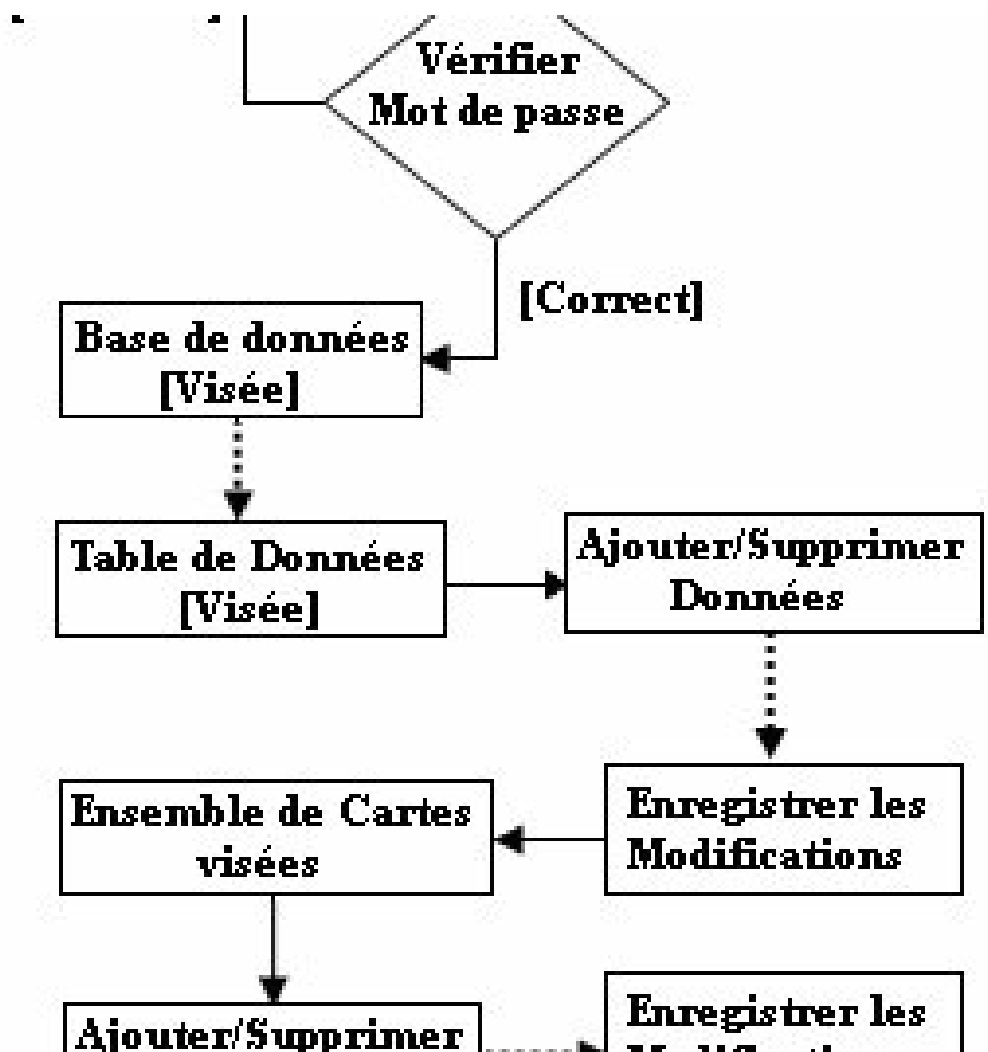


FIGURE 2.1 – Diagramme d'activites

Implementation

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

3.3. *ERGONOMIE*

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.

3.3 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 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

3.7. COÛTS

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.

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.

4.2. CONCLUSION

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.

4.1.3 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 Conclusion

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.

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.