

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
 Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
 Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة
 Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Civil
Laboratoire de Construction et Environnement

THESE DE MAGISTER

Présentée par
Mme DEBICHE Née SAIDANI Fatiha
Ingénieur d'Etat en Génie Civil, ENP
Pour l'obtention du titre de Magister en Génie Civil

THEME

**ELABORATION DU MODELE CONCEPTUEL
 DE LA BASE DE DONNEES GEOTECHNIQUES**
 « Géo – Base »

Soutenue le 09 juillet 2003
 Devant le jury composé de :

Président	: Mr A. BALI	Professeur, E.N.P
Rapporteur	: Mr S. BELKACEMI	Maître de conférence, E.N.P
Examineurs	: Mr K. SILHADI	Maître de conférence, E.N.P
	: Mme R. KETTAB	Chargée de cours, E.N.P
	: Mr A. AIT YAHIA TENE	Chargé de cours, E.N.P
Invités	: M. A. SOULEM	Président Directeur Général, LC.T.P
	: M. A. HAOUCHINE	Président Directeur Général, CT.T.P

Juillet 2003
E.N.P 10, Avenue Pasteur Hassen Badi, El-Harrarh, Alger

يعتبر وضع قاعدة معطيات جيوتقنية ذا أهمية علمية، تقنية و إقتصادية بالغة. إن من أهداف قاعدة المعطيات هو تسهيل حركية المعلومات لجيو تقني مع وسطه الداخلي و الخارجي، النقل من تكلفة الدراسة الجيوتقنية و التقليل من مدة إنجازها.

إن التصميم المحكم لنموذج قاعدة المعطيات له فضل عبي منح أدوات تساعد جيوتقني على إتخاذ القرار الأنجع في حالة الفصل في المشاكل الجيوتقنية العويصة .

الهدف من هذه الأطروحة هو تصميم نموذج تصميمي للمعطيات المكونة لقاعدة المعطيات بطريقة (موريز).

RÉSUMÉ

La mise en place d'une base de données géotechnique est d'un intérêt scientifique, technique et économique assez considérable. Les principaux objectifs de la base sont de faciliter la circulation de l'information du géotechnicien avec son environnement interne et externe, optimiser les coûts et les délais des campagnes d'investigations géotechniques, avoir un outil d'aide pour les ingénieurs dans la reconnaissance et dans la prise de décision sur les problèmes complexes de géotechnique.

L'élaboration d'un modèle conceptuel des données géotechniques par la méthode Merise est présenté dans la présente thèse de magister.

ABSTRACT

The putting of geotechnical database for geotechnical studies has a great scientific, technical and economical interest. The objective of the data base is making easier the circulation of information between geotechnician and external environment, to optimize costs and the delays of the investigation, to have help full tool for recognizing and making decision in case of geotechnical problems.

The elaboration of the data conceptual model of the geotechnical database using Merise method will be presented in this this thesis of magister.

Mots clés: Base de données, géotechniques, essais de laboratoires, essais in – situ, modèles de données.

Remerciements



Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon Directeur de thèse Monsieur Smain BELKACEMI, maître de conférence au département Génie Civil de l'E.N.P, pour le suivi, les conseils, la patience et les encouragements tout au long de la réalisation de cette thèse.

Mes remerciements vont également au professeur A. BALI, Directeur du Laboratoire Construction et Environnement d'avoir accepté de présider ce jury. Je le remercie aussi pour son accueil chaleureux au sein de son laboratoire, qu'il trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

Je tiens à remercier Monsieur K. SILHADI, maître de conférence au département Génie Civil de l'E.N.P, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail dès les débuts, pour sa disponibilité et ses nombreux conseils de qualités et de grande efficacité et de même je le remercie d'avoir bien voulu faire parti du jury et enrichir ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à Mme R. KETTAB, chargée de cours au département Génie Civil de l'E.N.P, pour sa disponibilité et ses encouragements, ses conseils et de même je la remercie d'avoir bien voulu faire parti du jury et enrichir ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur A. AIT YAHATENE, chargé de cours au département Génie Minier de l'E.N.P, pour ses orientations dans le domaine des bases de données, et de même je le remercie d'avoir bien voulu faire parti du jury.

De même je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Monsieur A. SOULEM Président Directeur Général du L.C.T.P de s'intéresser et d'orienter ce travail dès les débuts et enfin je le remercie d'accepter notre invitation et de faire partie du jury.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur A. HAOUCHINE Président Directeur Général du C.T.T.P d'avoir accepté notre invitation et de faire partie du jury, pour enrichir ce travail.

Je tiens aussi à exprimer ma profonde gratitude à toute l'équipe du Laboratoire Construction et Environnement, en particulier à Mme M. MORSLI chargée de cours au département génie civil, ENP pour ses encouragements, ses critiques constructives lors de la conception de cette thèse, qu'elle trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

Mes remerciements s'adressent à l'ensemble des enseignants du département Génie Civil et au chef de département Monsieur S.LAKEHAL.

Mes remerciements vont également à Monsieur Michel RAY pour l'aide précieuse qu'il m'a accordé dans la recherche documentaire .

Je remercie vivement Monsieur Jean DEFFORGE ami de notre famille pour son soutien moral.

J'adresse mes remerciements à mon mari pour sa compréhension, sa disponibilité et ses encouragements pour l'aboutissement à ce travail, qu'il trouve l'expression de ma sincère gratitude.

De même j'adresse mes vifs remerciements à Mme et Mer AGSOUS pour leur patience et leur compréhension pour la garde de mes enfants. Qu'ils trouvent ici ma profonde reconnaissance.

Enfin, que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la mise au point de ce travail trouve ici ma gratitude.

Dédicaces



Je dédie ce travail à :

La mémoire de mes grands-parents maternels adoptifs Mériem et Said

La mémoire de mes grands-parents paternels Zohra et Mohamed

A mes parents et surtout à ma mère qu'elle trouve ici ma très grande reconnaissance et mon profond respect pour tous ses sacrifices.

A mes sœurs Dahbia et Farida

A mes frères Mohamed, Omar et Réda

A mes belles sœurs Fatiha et Mélanie

A mes sœurs et leurs maris Hakima et Mustapha, Halima et Yacine, Djamilia et Toufik

A mon mari Aziz

A mes beaux-parents Allaoua et Yamina

A mes beaux-frères Hocine, Djamel, Kamel et Zakaria

A mes enfants Abdeldjalil, Sara, Amar et Abdelmoumen

A mes nièces Hiba, Ikram, Oumnia et Nedjma

A mes neveux Abdelouhab, Abdelkader, Nazim, Said, Mohamed et Ahmed

A toute ma famille.

A toute la grande famille du LCTP

A mes amies Kouka, Lamia, Karima, Leila et Khadidja.

Liste des figures

Figure I.1 – Architecture typique d'un S.G.B.D.....	6
Figure I.2 – Formalisme graphique de l'acteur (Pham Thun Quan.1989).....	17
Figure I.3 – Formalisme graphique du flux d'informations entre deux acteurs (Pham Thun Quan.1989).....	18
Figure I.3 – Formalisme graphique de l'objet (Pham Thun Quan.1989).....	19
Figure I.5 – Formalisme graphique de la relation entre deux objets (Pham Thun Quan.1989).....	20
Figure I.6 – Formalisme graphique des cardinalités (Pham Thun Quan.1989).....	21
Figure III.1 – Le couplage BDSOL-ELVADO (Al HAJAR J et all , 1992)	42
Figure IV.1 – Architecture de la base de données.....	48
Figure IV.2 – Le flux d'informations d'étude géotechnique.....	52
Figure V.1 – Le Modèle Conceptuel des données.....	67'

Liste des tableaux

Désignations	Pages
Tableau I.1 Les modèles de merise	16
Tableau IV.1 Description du flux d'informations	53
Tableau IV.2 Les postes de travail d'une étude géotechnique	54
Tableau IV.3 la présentation du poste de travail du P.D.G	55
Tableau IV.4 la présentation du poste de travail du D.T	55
Tableau IV.5 la présentation du poste de travail du Directeur Commercial	56
Tableau IV.6 la présentation du poste de travail du chef de département étude	56
Tableau IV.7 la présentation du poste du chargé d'étude géotechnique	57
Tableau V.8 le chef de service documentation et archives	58
Tableau IV.9 la présentation du poste de travail du chef de département géotechnique	58
Tableau IV.10 la présentation du poste de travail du chef de département sondage	59
Tableau IV.11 la présentation du post du responsable géophysique	59
Tableau IV.12 la présentation du chef du post de sondage	60
Tableau IV.13 la présentation du post du chef de service des essais in-situ	60
Tableau IV.14 la présentation du post du chef de service des essais identifications	61
Tableau IV.15 la présentation du post du chef de service des essais mécaniques	61
Tableau V.1 Modélisations des propriétés del'essai densité – teneur en eau	66
Tableau V.2Liste des relations entrè individus	68
Tableau V. 3 Dictionnaire des données	69

TABLES DES MATIERES

Liste des figures
 Liste des tableaux

Introduction générale..... 3

Chapitre 1 Concepts et methodologie de conception des bases de données

I.1 Introduction.....	4
I.2 Définitions.....	4
I.2.1 Base de données.....	4
I.2.2 Systèmes de gestion de bases de données (S.G.B.D).....	5
I.3 Historique.....	7
I.4 Modélisation des données.....	8
I.4.1 Description des données.....	8
I.4.2 Modèle de données.....	8
I.5 Principaux modèles des données.....	8
I.5.1 Modèle réseaux et modèle hiérarchique.....	8
I.5.2 Modèle relationnel.....	9
I.5.3 Modèle à objets.....	10
I.6 Méthodologie de conception des systèmes d'informations.....	11
I.6.1 Système d'informations.....	11
I.6.2 Etude d'un système d'informations.....	12
I.6.3 Etapes de conception des systèmes d'informations.....	12
I.6.4 Planification du système d'informations.....	13
I.7 Méthode Merise.....	14
I.7.1 Présentation générale de la méthode.....	14
I.7.2 Historique de la méthode Merise.....	14
I.7.3 Auteurs de Merise.....	14
I.7.4 Caractéristiques de Merise.....	15
I.7.5 Etapes de Merise.....	15
I.7.6 Modèles de Merise.....	16
I.7.7 Concepts du formalisme du modèle conceptuel des données.....	17
I.7.8 Construction du modèle conceptuel des données.....	21
I.7.9 Vérification du modèle.....	21

Chapitre 2

L' Etude géotechnique

II.1 Introduction.....	22
II.2 Processus de réalisation d'une étude géotechnique.....	22
II.2.1 Démarche de l'étude.....	22
II.2.2 Reconnaissance géotechnique.....	23
II.2.3 Reconnaissance primaire.....	23
II.2.4 Programme de la reconnaissance.....	24
II.2.5 Reconnaissance secondaire.....	25
II.2.6 Rapport de l'étude.....	32
II.3. Conclusion.....	33

INTRODUCTION GENERALE

Le coût d'un projet est fortement dépendant du degré d'investigation du site, une reconnaissance intense d'un site est excessivement coûteuse. La caractérisation géotechnique s'effectue par le biais d'essais sur site et au laboratoire. Le programme et le déroulement de la campagne de reconnaissance ainsi que l'interprétation des résultats dépendent fortement de l'expérience du géotechnicien. Ce capital expérience en géotechnique reste souvent à l'échelle de l'individu et rarement à l'échelle du laboratoire. La difficulté et la lourdeur d'exploitation ou l'ignorance de la disponibilité de l'information géotechnique archivée au niveau des différents laboratoires conduit les praticiens à caractériser de nouveaux sites ayant déjà été objet de campagnes de reconnaissances.

Une base de données géotechniques à l'échelle régionale ou nationale est d'une importance technique et économique considérable, elle permet au maître de l'ouvrage de s'informer au préalable sur les conditions géotechniques des sites, d'orienter le programme de reconnaissance et de compléter si nécessaire l'étude du projet. La conception de la base de données géotechnique n'est pas facile, le modèle conçu doit représenter le plus fidèlement possible les données relatives aux applications nécessaires. Le but du travail de la présente thèse est de répondre à la préoccupation relative à la conception de la structure informatique de la base de données géotechniques. Le modèle est conçue en respectant les concepts théoriques relatifs aux bases de données et en ayant à l'esprit de refléter la démarche du travail quotidien du géotechnicien. La base de données géotechnique est une structure informatique sémantique supportant toutes les données et les relations entre elles qui sera intégrée dans un système d'information globale

Dans le cadre de la présente thèse, le modèle conceptuel de la base de données géotechniques est élaboré en suivant les étapes logiques de conception des systèmes d'informations et en appliquant la méthode Merise. La thèse comprend deux grandes parties, une première partie à caractère bibliographique composée de trois chapitres ; une deuxième partie correspondant aux phases de conceptions du modèle des données. Les chapitres sont énumérés comme suits :

- Chapitre 1: les concepts et méthodologie de conception des bases de données,
- Chapitre 2 : est présentée l'étude géotechnique,

- Chapitre 3 : synthétise les travaux de développement des bases de données géotechniques,
- Chapitre 4 : présente la conception et le développement de la nouvelle base de données,
- Chapitre 5 : le modèle conceptuel de la base de données géotechniques .

Enfin une conclusion pour des recommandations des travaux futurs est donnée.

CHAPITRE I

CONCEPTS ET METHODOLOGIE DE CONCEPTION DES BASES DE DONNEES

I. 1 INTRODUCTION

Les bases de données sont un phénomène récent, leur vocabulaire s'est introduit à partir des années soixante. Au cours de ces quarante dernières années, elles sont apparues comme une approche nouvelle et pratique des problèmes que pose la gestion de l'information (Gardarin, 1993). Dans ce présent chapitre seront présentés les définitions, l'historique et les modèles relatifs aux bases de données.

I. 2 DEFINITIONS

L'environnement d'une base de donnée est un système d'information composé en général du noyau de la base de données et de son système de gestion.

I. 2. 1 Base de données

Une base de données est un ensemble de données modélisant les objets d'une partie du monde réel et servant de support à des applications informatiques. Elle correspond ensuite à une représentation fidèle des données et de leurs structures, avec le minimum possible de contraintes imposées par le matériel. Elle est enfin utilisée pour toutes les applications pratiques désirés sans duplications des données (Gardarin, 1993). Les bases de données ont des caractéristiques identiques quel que soit le domaine d'application ; les importantes caractéristiques sont regroupées ci dessous:

- la base de données reflète des informations du passé ou du présent,
- les informations stockées dans une base de données peuvent être plus ou moins structurées entre elles,

- la consultation de la base peut se faire de façon planifiée ou totalement aléatoire, les modes de désignation de l'information recherchée sont plus ou moins complexes,
- les informations produites par la base de données peuvent être fournies brutes ou faire l'objet de traitements complexe (Gardarin, 1984).

1. 2. 2 Systèmes de Gestion de Base de Données (S.G.B.D)

Les Systèmes de Gestion des Bases de Données (S.G.B.D) sont l'ensemble des logiciels systèmes qui permettent de stocker, d'interroger, de modéliser et de gérer les données. Ils sont définis comme étant un ensemble de logiciels fournissant l'environnement permettant de mémoriser, manipuler et traiter des ensembles de données tout en assurant pour celles ci la sécurité, la confidentialité et l'intégrité (AOAKA, 1984).

Un objectif majeur des Systèmes de Gestion des Bases de Données est d'assurer une abstraction des données stockées sur disques de manière à simplifier la vision des utilisateurs ; cet objectif est justifié afin d'éviter une maintenance coûteuse des programmes lors de la modification des structures logiques (Le découpage en champs et articles) et physiques (le mode de stockage) des données. Afin d'assurer une meilleure indépendance des programmes aux données, est apparue la nécessité de manipuler ces données. Cette nécessité est d'interroger et mettre à jour les données par des langages déclaratifs spécifiant les données que l'on veut traiter et non pas comment accéder à ces données. Ainsi les procédures d'accès aux données restent invisibles (AOAKA, 1984). Les principales fonctions des systèmes de gestions sont :

- l'intégration des données afin d'éviter l'incohérence d'éventuelles données dupliquées,
- la séparation entre les moyens de stockage physique des données,
- le contrôle unique de toutes les données,
- la manipulation des données se fait par des langages déclaratifs,
- l'administration facilitée des données.

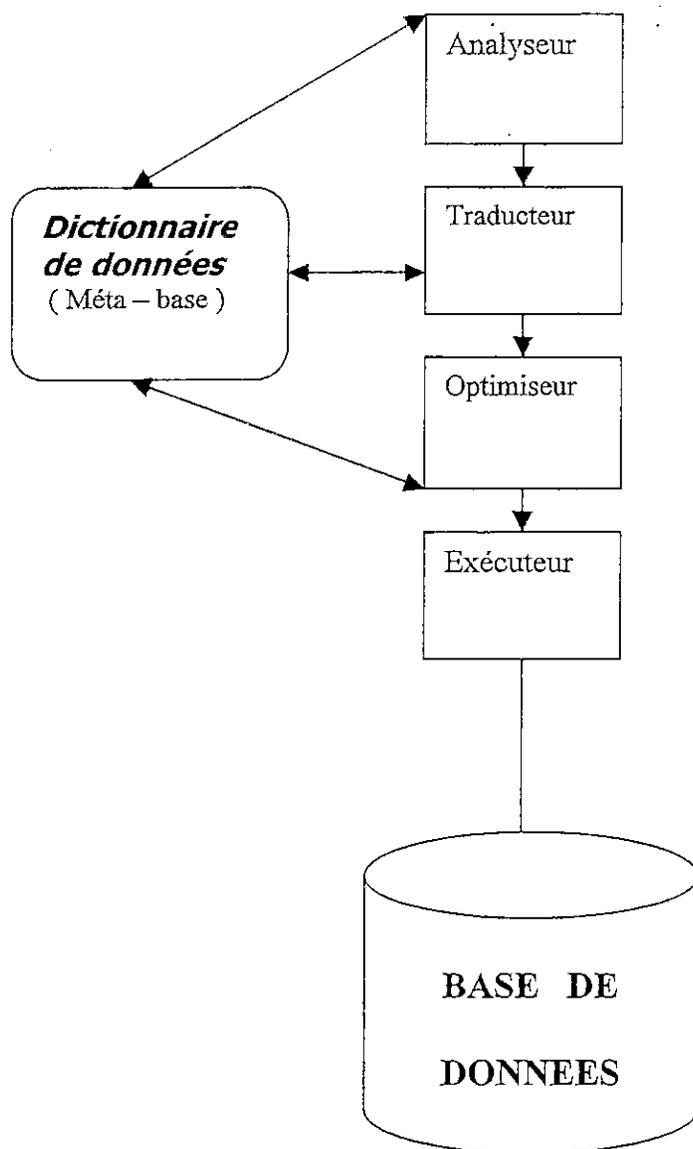


Figure I.1 - Architecture typique d'un S.G. B. D (GARDARIN ,1983)

I. 3 HISTORIQUE

La première génération des systèmes de gestion est marquée par la séparation de la description des données de la manipulation de celles-ci. Les premiers modèles sont le modèle réseau et le modèle hiérarchique, c'est à dire des modèles de données organisées autour de types d'articles constituant les nœuds d'un graphe reliées par des types de pointeurs composant les arcs du graphe (Gardarin, 1984).

La deuxième génération des systèmes de gestion est apparue dans les laboratoires vers les années soixante dix (1970), elle se base sur le modèle relationnel. Elle vise à enrichir et à simplifier la vue externe afin de faciliter l'accès aux données pour les utilisateurs sous forme de relations entre domaines de valeurs, simplement représentées par des tables. Les recherches et mises à jour sont effectuées à l'aide d'un langage déclaratif non procédural, ayant au moins la puissance de la logique du premier ordre et permettant de spécifier les données souhaitées sans dire comment y accéder (Gardarin, 1993). Les systèmes de la deuxième génération représentent aujourd'hui l'essentiel du marché des bases de données. Les principaux systèmes sont Oracle, Ingres, Sybase, Informix, Db2 et Rdb. Ils supportent en général une architecture répartie, au moins avec des stations clients, transmettant leurs requêtes à des puissants serveurs gérant les bases de données.

La troisième génération est en développement dans des laboratoires depuis le début des années 80. Celle-ci supporte des modèles de données plus riches et des architectures mieux réparties, permettant une meilleure collaboration entre utilisateurs. Cette troisième génération est basée sur des modèles à objets, intégrant une structuration conjointe des programmes et des données en classes, avec des possibilités de définir des sous-classes en particulierisant des classes existantes, elle intègre le support de règles dérivées de la modélisation logique des données. Ces règles permettent de mieux maintenir la cohérence des données en répercutant des mises à jour d'un objet sur d'autres objets dépendant. Elles permettent aussi de calculer les réponses élaborées à des questions complexes, dont la réponse n'est pas directement dans la base. Les systèmes à objets constituent une voie plus novatrice vers la troisième génération : Ontos, Objecstore, Versant, Orion sont déjà commercialisés et tentent de répondre aux besoins des nouvelles applications (Gardarin, 1993).

I. 4 MODELISATION DES DONNEES

I.4.1 Description des données

Toute description de données consiste à définir les propriétés d'ensembles d'objets modélisés dans la base. Toute description s'effectue au niveau du type, à l'aide d'un ensemble d'éléments descriptifs permettant d'exprimer les propriétés d'ensembles d'objets, elle compose un modèle de description de données. Un modèle de description d'objets est souvent représenté par un formalisme graphique ; on distingue le schéma source spécifié par l'administrateur de données et le schéma objet résultant de la compilation du précédent par une machine. Le schéma objet est directement utilisable par le système de gestion de base de données, il permet de retrouver et de vérifier les propriétés des instances d'objets manipulés lors des recherches et des mises à jour. (Gardarin, 1993).

I.4.2 Modèle de données

L'organisation des données est représentée par un modèle utilisé pour représenter l'organisation logique des données. Pour comprendre les modèles de données, il est nécessaire de connaître la façon dont sont perçues ces données. Une même donnée peut être perçue à deux niveaux (Gardarin, 1993). Au premier niveau, la perception du réel est organisée logiquement. Au second niveau, le réel est interprété et une signification lui est attribuée. Il est nécessaire de choisir une représentation pour l'interprétation du réel en fonction du modèle de données fourni par le système de gestion. Ce modèle se compose d'unités logiques de données nommément désignées, il exprime les relations entre les données, déterminées par l'interprétation du modèle. La principale différence entre les modèles de données est la façon dont sont représentées les relations entre elles (Gardarin, 1993).

I. 5 PRINCIPAUX MODELES DE DONNEES

I.5.1 Modèle réseau et le modèle hiérarchique

Ces modèles, les plus anciens, tendent à ne plus être utilisés. Ils dérivent d'une approche système qui tend à voir une base de données comme un ensemble de fichiers reliés par des pointeurs. Ils privilégient l'optimisation des entrées/sorties d'où l'appellation modèles d'accès (AOAKA, 1984).

Le modèle réseau

Les objets modélisés par ce modèle sont décrits à l'aide de trois concepts : L'atome, l'agrégat et l'article. Ce modèle reste encore utilisé à ce jour par plusieurs systèmes telle que IDSII de BUL, il offre néanmoins des possibilités limitées pour représenter des liens entre fichiers. On ne peut définir des associations qu'entre un article appelé propriété et des articles membres. Ces associations sont appelées lien purement hiérarchique. Elles sont utilisées à plusieurs niveaux et peuvent former aussi bien des arbres, des cycles que des réseaux (AOAKA, 1984), 1984).

Le modèle hiérarchique

Le modèle hiérarchique est un cas particulier du modèle réseau. L'ensemble des liens entre types d'articles forment des graphes hiérarchiques. Un champ est l'équivalent d'un atome du modèle réseau (AOAK, 1984).

1.5.2 Modèle relationnel

Le modèle relationnel a été introduit par un mathématicien CODD travaillant au centre de recherches IBM San – José aux USA, vers les années soixante dix. La première volonté du modèle relationnel fut d'être un modèle ensembliste, simple et supportant des ensembles d'enregistrements aussi bien au niveau de la description que de la manipulation. Les premiers objectifs du modèle ont été précisés en 1970 par CODD comme suit :

- permettre un haut degré d'indépendance des programmes d'applications et des activités interactives à la représentation interne des données, en particulier aux choix des ordres d'implantation des données dans les fichiers, index et plus généralement des chemins d'accès,
- fournir une base solide pour traiter les problèmes de cohérence et de redondance des données.

Ces deux objectifs qui n'étaient pas atteints par les modèles réseaux et hiérarchiques ont été pleinement satisfaits par le modèle relationnel, d'une part grâce à la simplicité des vues relationnelles qui permettent de percevoir les données sous formes de tables à deux dimensions et d'autre part grâce aux règles d'intégrité supportées par le modèle et ses fondements logiques. Le modèle relationnel est basé sur la théorie mathématique des relations qui se construit à partir de

la théorie des ensembles. Trois notions de base sont importantes pour introduire les bases de données relationnelles :

- domaine: Ensemble de valeurs caractérisées par un nom.
- relation: Sous-ensemble du produit cartésien d'une liste de domaines caractérisé par un nom, étant un sous-ensemble d'un produit cartésien
- attribut: Colonne d'une relation caractérisée par un nom.

Le modèle relationnel impose trois types de règles d'intégrités à savoir :

- unicité de clé: Par définition, une relation est un ensemble de tuples, il ne peut exister deux fois le même tuple dans une relation.
- contraintes référentielles: Les contraintes référentielles définissent des liens obligatoires entre relations. Ce sont des contraintes très fortes qui impactent des relations de mises à jour,
- contrainte d'intégrité: impose qu'une colonne d'une relation doit comporter des valeurs vérifiant une assertion logique. L'assertion logique est soit l'appartenance à une plage de valeurs soit à une liste de valeurs.

Le modèle relationnel est aujourd'hui la base de la plupart des systèmes. Les architectures permettant d'accéder depuis une station de travail à des serveurs de données s'appuient en général sur le modèle relationnel. Ce dernier est actuellement supporté par les grands systèmes industriels. Il a su progressivement intégrer des concepts de plus en plus riches, telle que l'intégrité référentielle. Il a un bel avenir bien que parfois concurrencé par le modèle de l'orienté objets qui est présenté brièvement dans le paragraphe qui suit (CHRISMENT, 1991).

1.5.3 Modèle à objets

Les modèles à objets ou encore appelés modèles orientés objet, sont multiples et variés. Ils sont issus des réseaux sémantiques et des langages de programmation orienté objet. Ils regroupent les concepts essentiels pour modéliser de manière progressive des objets complexes, encapsulés par des procédures de manipulation associées. Simula a introduit le concept de classe qui regroupe au sein d'une même entité la structure de données et les fonctions de services qui la gèrent.

Les modèles de données à objet ont été créés pour modéliser le monde réel, le concept essentiel étant bien sûr celui d'objet. Dans un monde à objet toute entité du monde réel est un objet, tout

objet représente une entité du monde réel; un objet possède un identifiant qui permet de le repérer (Gardarin, 1993).

I. 6 METHODOLOGIE DE CONCEPTION DES SYSTEMES D'INFORMATIONS

Les premiers utilisateurs de l'informatique manipulant les banques de données ont constaté que les données de gestions restaient à peu près les mêmes au fil du temps, alors que les procédures de traitements changent. Partant de ce constat, les défenseurs de l'approche conception des systèmes d'informations suggèrent, pour éviter les éternelles remises en cause des anciens systèmes conçus à partir des traitements, d'étudier la sémantique c'est à dire l'étude du sens des données manipulées indépendamment des besoins de traitements, ensuite de les confronter avec le traitement lors de la validation (Gardarin, 1984)

L'approche de modélisation des données permet de mettre en place leurs infrastructure à la fois stable et indépendante des traitements d'une seule application. Cela aidera à mettre en place des systèmes d'informations et de les faire évoluer. Dans le présent chapitre seront présentés les définitions et la méthodologie d'étude des systèmes d'informations avec présentation de la méthode Merise qui sera appliquée dans le cadre de ce travail.

I.6.1 Systèmes d'informations

Le système d'informations est un ensemble de méthodes et de moyens en interactions dynamiques, organisé en fonction d'un but en interaction les uns avec les autres et avec le monde extérieur (GARDARIN, 1993). Cette définition nous permet de dégager les quatre fonctions essentielles du système d'information à savoir :

- collecte des informations provenant des autres éléments du système ou de l'environnement extérieur au système,
- mémorisation des données stockées (fonctions statiques),
- traitement des données stockées (fonctions dynamiques),
- transmissions des informations vers les autres composantes du système ainsi que vers l'environnement extérieur (fonctions dynamiques). (AKOAKA, 1984)

1.6.2 Etude d'un système d'information

L'étude d'un système d'information est conduite traditionnellement en suivant trois cycles qui sont le cycle de vie, d'abstraction et de décision.

Cycle de vie

Lors de la conception, il s'agit de fournir une description fonctionnelle et technique détaillée du système. Dans ce cadre les techniques nouvelles de maquettage et de prototypage seront d'une grande aide à présenter des solutions aux utilisateurs. Lors de la réalisation, des programmes seront élaborés afin de mettre en œuvre les solutions techniques précédemment retenues. La maintenance permettra de prolonger la vie du système d'informations et son adaptation aux besoins nouveaux de l'entreprise. Lorsque le système d'information sera jugé complètement dépassé, un nouveau cycle de vie recommencera (GARDARIN, 1993)

Cycle d'abstraction

Dans ce cycle est regroupé l'ensemble des mécanismes de décisions et de choix à prendre lors du développement du système d'information. Le cycle d'abstraction traduit les différents degrés d'abstraction: le niveau conceptuel, le niveau logique et le niveau physique (GARDARIN, 1993).

Cycle de décision

Le cycle de décision traduit l'ensemble de mécanismes de décision de choix à prendre lors du développement du système d'information. Il est indispensable de savoir qui prend les décisions, concernant la validation des différents modèles de la méthode et le passage d'une étape à une autre. (Pham Thun Quan et al, 1989).

1.6.3 Etapes de conception des systèmes d'informations

Un système d'information est toujours conçu pour être utilisé dans un environnement déterminé. Avant d'entreprendre la conception, il est logique d'analyser l'environnement du système existant. L'expression méthodologie des systèmes d'information est utilisée pour expliquer une approche méthodologique de la planification, de l'analyse et de la conception des systèmes d'information. La plupart des méthodologies concernent une partie de cycle de vie. Dans ce qui

suit seront détaillées les quatre étapes de conceptions des systèmes d'informations (T.W OLLE et al, 1990).

Planification du système d'informations

Cette étape peut commencer par des travaux analytiques visant à déterminer les besoins en informations de l'entreprise, à identifier les objectifs organisationnels, à définir une stratégie des systèmes d'information et à expliciter les objectifs assignés aux travaux à venir. Cette étape peut inclure des études de faisabilité visant à déterminer les alternatives possibles pour progresser (T.W OLLE et al, 1990).

Analyse des activités de l'organisation

L'analyse organisationnelle inclut, en fonction de la méthodologie employée, l'étude de différents aspects de l'organisation. Cela englobe l'analyse des activités assurées dans le domaine. L'étude des propriétés du système existant qu'il soit automatisé ou manuel fait aussi partie de l'étape d'analyse. Lors de l'analyse organisationnelle on procédera à l'élaboration des diagrammes de structures de données, l'analyse des flux d'informations et des flux physiques associés ainsi qu' une technique applicable à cette étape. Certaines phases de l'analyse organisationnelle réclament la rédaction de documents servant de support à la communication avec les utilisateurs impliqués (T.W OLLE et al, 1990).

Conception système

L'analyse implique la description de ce qui existe, alors que la conception est une activité créative et prescriptible. L'étape de conception système implique l'élaboration de composants prescriptifs du système d'information destiné à être informatisé. Les composantes de la conception des données peuvent se rattacher à un modèle. La conception, est le résultat remis par le concepteur au réalisateur du système une fois la conception terminée. L'ensemble des spécifications du système décrites par le concepteur est similaire à ce que l'architecte fournit à l'entrepreneur des travaux. Le produit de la conception est indépendant des outils qui seront utilisés pour réalisations du système futur. (T.W OLLE et al, 1990).

Conception technique

Cette étape détermine comment le système conçu à l'étape précédente doit être construit ; elle implique la connaissance des outils utilisés pour réaliser le système.

Dans les paragraphes suivants sera présentée la méthode Merise qui est utilisée dans le cadre du travail de la présente thèse.

I. 7 METHODE MERISE

I.7.1 Présentation générale de la méthode

La méthode Merise propose une approche de conception du système d'information séparant l'étude des données de celle du traitement, en avançant progressivement par niveaux. Chaque niveau a pour objectif de fournir un certain nombre de documents permettant la synthèse textuelle d'un processus de réflexion. Merise est la méthode systématique la plus connue en France et employée par de grands groupes en Amérique du nord, en Espagne, en Italie, en Suisse et dans les pays du Maghreb (BEGAR, 2002).

I.7.2 Historique de la méthode Merise

Merise est apparue en 1979, le projet qui a permis d'aboutir à la naissance de Merise a été lancé en 1977 par le Ministère de l'industrie en France. L'objectif du Ministère était de doter l'administration d'une méthode de conception devant permettre à ses équipes de réussir les projets dans les coûts et les délais prévus. Les principaux acteurs qui ont intervenu sont le CETE d'Aix en Provence, un certain nombre de Sociétés de Conseils et d'Ingénierie informatique et quelques universitaires (Pham Thun Quan, 1989).

I.7.3 Auteurs de Merise

Les auteurs de Merise sont: Hubert Tardien, René Coletti, Georges Panet, Arnold Rocheheld, Gérard Vachée, Dominique Nanci, Daniel Pascot, Henri Heckernith, ...etc.

Il existe plusieurs versions de Merise, ces différentes versions ne diffèrent que par la démarche qu'elles mettent en œuvre pour élaborer les modèles.

La version utilisée dans le cadre de ce travail est celle de Hubert Tardien (Pham Thun Quan, 1989).

1.7.4 Caractéristiques de Merise

Les caractéristiques essentielles de la méthode Merise s'articulent autour des trois points suivants :

Une vision globale

L'objectif de Merise est de faire le pont entre la stratégie de l'entreprise et ses besoins en termes de systèmes d'informations. Par sa vision globale elle fait une intégration complète du système d'information à la vie de l'entreprise. De plus, le système d'information est ouvert sur l'environnement extérieur avec lequel il échange des informations.

La séparation des données et des traitements

C'est une caractéristique générale des systèmes d'information, Merise propose une démarche pouvant séparer les données des traitements dans ses niveaux de réflexion.

Une approche par niveau

La séparation des données et des traitements permet de situer des niveaux de réflexion et de travail par étapes. Il existe trois niveaux, Conceptuel, organisationnel et physique. Merise propose six modèles de données validés avec le temps. Les modèles de traitements Merise vont permettre de valider et d'optimiser les modèles de données. Avant de commencer la modélisation, une étude du domaine existant est indispensable.

1.7.5 Etapes de Merise

Comme la plupart des méthodes de conception de systèmes d'informations, La méthode Merise adopte un état consistant à partager l'étude en grandes étapes :

La première étape: étude préalable

La démarche de la première étape s'articule comme suit :

- prendre connaissance d'une manière globale du système de fonctionnement de l'entreprise,
- cerner l'activité principale et découper le système en sous activités,
- synthétiser les interviews par sous activités,
- diagnostiquer le système existant.

La deuxième étape: étude conceptuelle

Pour développer les systèmes d'informations, Merise définit un cadre méthodologique par :

- intégration complète du système dans la vie de l'organisation,
- séparation des données et des traitements,
- une approche par niveaux : Conceptuel, organisationnel et logique.

La troisième: Etude technique

Il s'agit de traduire les données et leurs liens dans le langage spécifique du système utilisé, tâche directement liée à la machine et au logiciel.

1.7.6 Modèles de Merise

Merise propose six modèles afin d'aider à la réalisation des étapes présentées précédemment. Un formalisme graphique est généralement associé à chacun de ces modèles.

Tableau I.1 - Les modèles de Merise - (Pham Thun Quan, 1989)

Nom du modèle	Formalisme	Graphique
Modèle Conceptuel de données	MCD	Oui
Modèle conceptuel de traitements	MCT	Oui
Modèle Logique des Données	MLD	Non
Modèle Organisationnel des Traitements	MOT	Oui
Modèle Physique des données	MPD	Non
Modèle Opérationnel des Traitements	MopT	Oui

Dans la pratique les modèles les plus utilisés sont le modèle conceptuel des données et le modèle conceptuel des traitements. L'élaboration du modèle conceptuel de la base de données géotechnique sera construit réalisé dans le cadre de ce travail

I.7.7 Concepts du formalisme du modèle conceptuel des données

Le Modèle Conceptuel des Données (M.C.D) donne une représentation statique de l'ensemble des données et relations manipulées par le système. La formalisation des données au niveau conceptuel constitue le modèle conceptuel des données du système d'information. Les concepts de base du formalisme du (M.C.D) sont définis comme suit :

L'acteur

Un acteur est un agent capable d'échanger l'information avec les autres acteurs

Attributs de l'acteur

Un acteur est caractérisé par l'ensemble des attributs suivants :

- Un code
- Un libelle
- Un Commentaire
- Un Type : externe ou interne

Formalisme graphique de l'acteur

Un acteur est représenté par un ovale à l'intérieur duquel est inscrit son libelle.



Figure I .1- Formalisme graphique de l'acteur- (Pham Thun Quan,1989)

Le flux d'information

Un flux d'information ou de données est un échange d'information entre deux acteurs dans le cadre du Système d'informations concerné.

Attributs du flux d'information

Un Flux d'information est caractérisé par l'ensemble des attributs :

- Un code
- Un libelle
- Un Commentaire

Le graphe des flux d'informations

Il permet de mettre en évidence les flux d'informations entre les différents acteurs du domaine étudié ainsi qu'avec leur environnement.

Formalisme graphique du flux d'information

Un Flux d'information est représenté graphiquement par une flèche orientée de l'acteur émettant le flux vers l'acteur recevant. Le Libellé du flux est inscrit à côté de la flèche tracée.

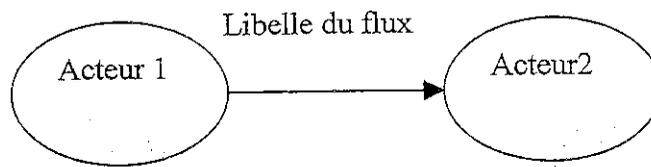


Figure I. 2 - Formalisme graphique du flux d'information entre deux acteurs - (Pham Thun Quan, 1989)

L'objet (individu)

Un objet ou individu est une entité qui présente un intérêt pour les besoins de gestion du système d'information. Il peut être une notion concrète ou une notion purement abstraite.

Les attributs de l'objet

Un objet est caractérisé par les attributs suivants :

- Un libelle
- Un code
- Un commentaire

Les propriétés de l'objet

Tout individu est porteur d'au moins une propriété, un individu ne peut porter plusieurs fois la même propriété.

Formalisme graphique de l'objet

Un objet est représenté graphiquement sous forme d'un rectangle barré à l'intérieur duquel est inscrit son libellé.

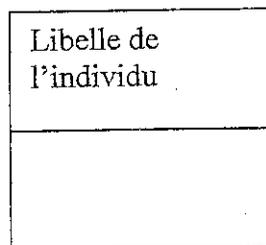


Figure I.3 - Formalisme graphique de l'objet(individu), Pham Thun Quan 1989)

La relation

Une relation est un lien sémantique de plusieurs individus indépendamment de tout traitement. Elle est généralement caractérisée par un verbe ou un substantif.

Attributs de la relation

Une relation est caractérisée par l'ensemble des attributs suivants :

- un code
- un libelle
- son type :Numérique, Alphanumérique, Alphabétique, date
- sa longueur :Nombre de caractères
- les contraintes de confidentialité, de sauvegarde
- un commentaire.

Dimension de la relation

On appelle dimension, le nombre d'individus aux quels est relié la relation.

Lorsqu'elle vaut 1, la relation est dite réflexive

Lorsqu'elle vaut 2, la relation est dite binaire

Lorsqu'elle vaut n, la relation est dite naire.

Formalisme graphique de la relation

Une relation est représentée par une ellipse à l'intérieur de laquelle est indiqué son libelle. Une patte (un trait) est dessinée entre la relation et chacun des individus qu'elle relie.

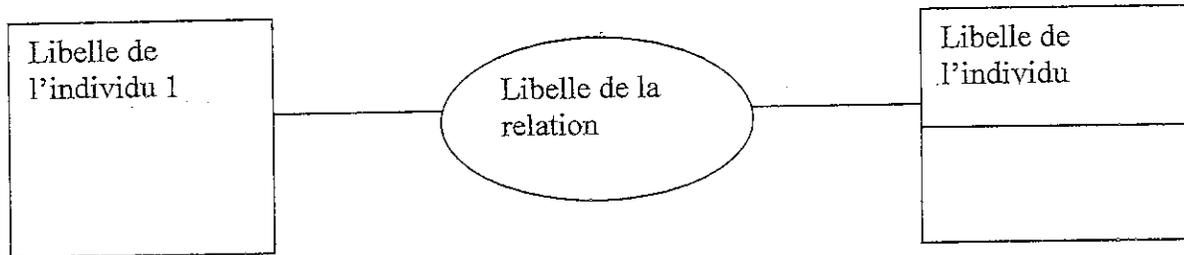


Figure I. 4 - Formalisme graphique de la relation entre deux objets (Pham Thun Quan, 1989)

Liens

Toute relation est reliée à un ensemble d'individus dont la caractérisation des identifiants forme l'identifiant de la relation.

Cardinalités

La notion de Cardinalités exprime le nombre minimum et le nombre maximum d'occurrences de la relation auxquelles doit être rattachée chacune des occurrences de l'individu.

Cardinalité minimale

C'est le nombre minimum de participations de chacune des occurrences de l'individu à la relation.

Cardinalité maximale

C'est le nombre maximum de participations de chacune des occurrences de l'individu à la relation.

Formalisme graphique des Cardinalités

Les Cardinalités sont marquées à côté de la patte reliant l'individu à la relation. Celles-ci sont indiquées entre parenthèses sous la forme (x,y).

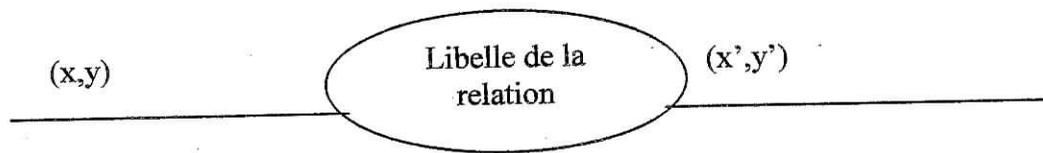


Figure I . 5 - Formalisme graphique des cardinalités, Pham Thun Quan , 1989)

Les contraintes d'intégrité Fonctionnelles (C.I.F)

Une contrainte d'intégrité fonctionnelle porte sur une relation et sert à indiquer que l'un des individus rattachés à la relation est entièrement déterminé par la connaissance des autres.

1.7.8 Construction du modèle Conceptuel des Données

La construction du Modèle Conceptuel des données est la phase indispensable qui représente une démarche d'un travail de dépouillement et de récolte d'informations. Le Modèle Conceptuel de Données (MCD) représente la vision statique du Système d'Information.

L'élaboration du Modèle Conceptuel des Données n'a rien d'algorithmique, seuls le travail de réflexion des concepteurs permet de bâtir le MCD.

Afin de délimiter le domaine sur lequel porte le MCD, l'élaboration du MCD est souvent précédée de celle du graphe des flux de données. Le graphe des flux permet en plus de mettre en évidence des individus. La deuxième étape consiste à identifier des individus et des relations entre individus. La troisième étape consiste à valider le modèle en vérifiant les règles de gestions.

1.7.9 Vérifications du modèle

Après avoir défini les concepts relatifs aux acteurs, individus, relations et propriétés, le modèle est construit selon le formalisme défini par le concepteur. Cinq règles de base sont à vérifier pour tout modèle conceptuel des données :

- une propriété, pour une occurrence de la relation ou de l'objet qui la porte, ne peut être répétitive. Si c'est le cas, il faut les sortir sous forme d'individu séparé.
- les propriétés portées par un individu ou une relation doivent dépendre entièrement de l'identifiant de l'individu ou de la relation,

- à l'exception des relations réflexives, il doit exister exactement une occurrence et une seule pour chacun des individus participant à la relation
- pour un ensemble d'occurrences d'individus participant à une relation doit exister seule occurrence de cette relation.
- si une propriété doit dépendre de l'identifiant de l'individu qui porte, mais aussi d'une propriété de cet individu, cela signifie qu'il y a un individu imbriqué dans celui qu'on est en train de vérifier. Il doit sortir et devient un autre individu.

I. 8 CONCLUSION

Le modèle de données relationnel proposé en 1970, remplace les modèles hiérarchiques et réseaux fortement liés aux structures internes de données. Le point fort de ce modèle est incontestablement sa base théorique. Les premiers SGBD relationnels furent commercialisés au début des années 1980. Aujourd'hui ces systèmes se généralisent dans l'industrie et sont caractérisés par :

- un processus de normalisation des schémas de relations qui évite la redondance des données,
- des langages de manipulation déclaratifs dont le représentant le plus connu est le SQL, un langage de description de structures de données sous forme de tables avec la capacité de le faire évoluer simplement,
- un haut degré d'indépendance entre données et traitements avec la possibilité d'optimiser les accès à la base,
- des langages de haut niveau d'abstraction, formels ou graphiques pour manipuler les relations,
- des procédures de sécurité efficaces avec, notamment la spécification des contraintes d'intégrité en langage déclaratif, (CHRISMENT, 1991).

La méthode de conception de système d'informations indique les différentes étapes d'analyses afin d'organiser les données. Les données modélisées sont déterminées après une étude de l'existant pour refléter la réalité du travail de l'utilisateur. La méthode Merise est une méthode qui guide le concepteur dans toutes les étapes de réflexions pour l'élaboration des modèles de données. Cette méthodologie est appliquée dans le cas de la base de données géotechniques.

CHAPITRE II

L'ETUDE GEOTECHNIQUE

II. 1 INTRODUCTION

L'étude géotechnique concerne une partie du projet de génie civil. Le but pratique d'une telle étude est de fournir rapidement et au moindre coût les renseignements nécessaires et suffisants sur les caractères naturels d'un site. Ces derniers permettent de préciser la conception d'un projet, d'organiser, de contrôler son exécution et de prévoir le comportement de l'ensemble site/ouvrage (PIERRE Martin, 1997).

II. 2 PROCESSUS DE REALISATION D'UNE ETUDE GEOTECHNIQUE

II.2.1 Démarche de l'étude

Le maître d'œuvre fait appel au géotechnicien qui se charge de l'étude en prenant connaissance du projet. Il analyse rapidement le site et en souligne les avantages et les inconvénients éventuels. A ce niveau d'intervention, il peut être amené à favoriser une variante ou dévaloriser un projet. Connaissant le projet et le site, il élabore un programme de reconnaissance d'étude géotechnique, estime le budget et apprécie la durée d'exécution. Le géotechnicien propose une offre technico - financière au maître d'œuvre, après approbation de l'offre, l'étude géotechnique est entamée et un rapport de synthèse est remis au client à la fin de l'étude géotechnique. Le rapport de l'étude est le produit final d'un processus de production qui démarre d'un bon de commande établie par le maître d'ouvrage ou maître d'œuvre appelé client et qui se termine par le rapport de l'étude géotechnique accompagnée d'une facture de toutes les prestations réalisées.

II.2.2 Reconnaissance géotechnique

Le site est pratiquement inconnu au début et devient de mieux en mieux connu au fur et à mesure que progresse l'étude. La reconnaissance géotechnique des sites pour les projets de bâtiments et de travaux publics, est effectuée par le biais d'un programme d'essais réalisés sur le site et d'essais réalisés au laboratoire sur des échantillons de sols prélevés. L'étude géotechnique est réalisée par étapes et de façon de plus en plus détaillée. Les étapes de la reconnaissance peuvent être classées en deux, la reconnaissance primaire et la reconnaissance secondaire.

II.2.3 Reconnaissance primaire

La reconnaissance primaire consiste à prendre connaissance du site. Durant cette phase le géotechnicien après une visite du site, consulte des cartes géologiques régionales et locales, collecte les avis de géologues locaux, observe les projets réalisés dans la région et organise d'autres visites de site pour acquérir une expérience concrète du terrain. Il prend des photos et fait une étude générale de photographies aériennes en vision stéréoscopiques; ces dernières permettent de compléter et de synthétiser les renseignements sous la forme d'une carte géotechnique schématique à petite échelle. Une fois la description de la géologie et de la géomorphologie terminée, le géotechnicien poursuit cette première phase de reconnaissance par une étude hydrogéologie.

Moyens de la reconnaissance primaire

Les moyens de la reconnaissance primaire permettent de décrire le site sans aucune quantification. Les moyens couramment utilisés sont :

La géologie appliquée

Elle permet une description du site et son environnement (nature des sols, âges et genèse de leurs formations). La démarche de la géologie appliquée s'appuie sur le visible et l'accessible. A partir de la description géologique, le géotechnicien pourra connaître la nature de son étude à savoir un glissement de terrain, un sol gonflant, un sable liquéfiable etc. Ce sont des indications permettant d'orienter le déroulement de l'étude géotechnique.

La documentation géotechnique

Les sources de documentation géotechniques vont de la bibliographie générale des ouvrages et revues géotechniques à l'entretien avec une personne informée sur les conditions du site. Les cartes géologiques et topographiques et les plans des géomètres sont les documents de base. Les archives des études géotechniques réalisées à proximité du projet sont une documentation complémentaire pouvant guider et orienter le déroulement de l'étude.

Ces renseignements sont ensuite soumis à la critique du géotechnicien, il doit les analyser et en retenir l'essentiel comme première approche à l'étude.

La télédétection

L'observation de photographies aériennes stéréoscopiques sert à une description générale du site et de ses abords, indépendamment des dimensions du site et de l'ouvrage et même dans un tissu urbain dense. L'évolution, naturelle ou provoquée d'un site dans le temps, peut être suivie au moyen de clichés pris à des dates différentes.

La géophysique appliquée

Les sites de grandes dimensions sont en général reconnus par les essais géophysiques pour délimiter des zones homogènes. Les études géophysiques sont toujours complétées par un programme optimal d'essais géotechniques, les essais géophysiques les plus utilisés sont :

- gravimétrie
- électromagnétisme
- résistivité électrique
- sondage électrique
- sismique réflexion
- sismique réfraction

II.2.4 Programme de la reconnaissance

Avant de définir le programme d'une étude géotechnique, le géotechnicien consulte les archives de reconnaissance de la région, du site. Les techniques et les moyens de

reconnaitances sont variés. La principale difficulté réside dans le choix des moyens nécessaires pour atteindre les objectifs recherchés. Il n'y a pas de procédure privilégiant tel choix plutôt que tel; seul le géotechnicien expérimenté est en mesure, grâce à son expérience et bien sûr en fonction des contraintes techniques et financières et s qui lui sont imposées, de choisir la campagne la plus adaptée aux conditions de son site.

Le savoir - faire et la connaissance acquise au fil du temps du géotechnicien guideront et orienteront l'établissement d'un programme de reconnaissance. Il n'existe pas de méthodologie du choix des essais (nombre de sondages, nombres d'échantillons, profondeurs d'essais...) dans l'élaboration d'une campagne de reconnaissance. La mise en place d'une base de données consultée par les géotechniciens est d'une grande aide dans la reconnaissance géotechnique. Ce programme est composé de plusieurs types de campagnes d'investigations spécifiques; à chaque région, correspond un type de sous-sol présentant des caractéristiques propres, morphologiques, hydrologiques et géotechniques. Pour chaque région le géotechnicien et selon la nature du projet utilise un type de moyens de reconnaissance spécifique.

II.2.5 Reconnaissance secondaire

La deuxième phase de la reconnaissance consiste à la réalisation d'essais in - situ et au laboratoire afin de quantifier les caractéristiques du sol.

Les essais permettant de mesurer des caractéristiques du sol sur place sont appelés essais in - situ. Ceux donnant les caractéristiques des échantillons prélevés et analysés au laboratoire sont les essais de laboratoires. Les outils de prélèvement de sol sont des moyens de reconnaissances pouvant quantifier les profondeurs des couches de sols rencontrés et permettent de prélever des échantillons intacts ou remaniés.

Les essais hydrauliques réalisés à l'intérieur des sondages sont aussi énumérés parmi les essais de cette phase.

Un autre type d'appareillage est laissé en permanence sur le site et placé en général après la réalisation du projet est appelé instrumentation permanente.

Les essais sont cités à titre d'information dans le présent chapitre et ce pour servir l'élaboration des fiches d'analyses des données de la base de données. Pour tous les détails (mode opératoires - normes), on se réfère aux documents normatifs qui sont énumérés dans les références bibliographiques de la présente thèse.

Les essais in - situ

Dans le but de préciser la reconnaissance géotechnique, de nombreux appareils spécifiques ont été proposés pour mesurer les caractéristiques du sol en place. Chacun de ces appareils et les paramètres géotechniques qu'ils permettent de mesurer sont spécifiques. Les essais les plus utilisés dans la reconnaissance géotechnique secondaire sont :

Le pénétromètre statique

L'essai consiste, par enfoncement total d'un train de tiges à vitesse lente et constante dans le sol afin de mesurer en continu l'effort total, de frottement et de pointe développés par la résistance du sol. Les mesures sont effectuées à des profondeurs fixes, ou continues selon le type du pénétromètre et le mode d'interprétation envisagé. S'il s'agit d'un pénétromètre à cône fixe et à mesure continue, on effectue à intervalle déterminé par exemple tous les 10cm une lecture de l'effort total et de pointe (AFNOR, 1995). Dans le cas où l'appareil est muni d'un dispositif enregistreur on obtient directement soit des lectures quasi - continues comme le pénétromètre de « FONDASOL » avec la courbe des efforts en fonction de la profondeur. Dans le cas de pénétromètre à cône mobile, on arrête la pénétration pour agir sur le cône lorsqu'on veut mesurer l'effort de pointe.

Les essais exécutés à l'aide du pénétromètre statique sont de plus en plus utilisés pour les reconnaissances des sol. A l'heure actuelle, les pénétromètres lourds permettent de reconnaître les terrains sur de grandes profondeurs, surtout s'ils possèdent un dispositif annexe de battage ou de forage qui rend possible la traversée des horizons très résistants tels que les couches de sable compact ou de gravier.

Le pénétromètre dynamique

L'essai de pénétration dynamique le plus général consiste, à faire pénétrer dans le sol par battage un train de tige. Pour une énergie de battage constante, est compté le nombre de coups du mouton « N » correspondant à un enfoncement donné. Le nombre « N » est relié à des formules de battage qui sont actuellement diverses pour obtenir la résistance de pointe du sol. Cet appareil est utilisé dans les sols grenus.

Le pressiomètre

C'est à L.MENARD Ingénieur civil de l'Ecole des Ponts et Chaussées, Master of sciences de l'université de l'illinois, que l'on doit, à partir de 1957, la mise au point définitive de l'essai Prèssiométrique. Le procédé est simple, il consiste à introduire dans un forage une sonde métallique cylindrique d'un diamètre compatible avec les diamètres des carottiers, revêtue d'une membrane en caoutchouc. Elle est reliée à un contrôleur pression-volume qui permet d'injecter sous une pression donnée à l'aide d'un gaz comprimé une certaine quantité de liquide entre le noyau métallique et la membrane déformable. Par application d'une pression croissante cylindrique et uniforme, la variation du niveau du liquide dans le contrôleur pression-volume mesure les champs de déformations correspondant en fonction des pressions et du temps. Pour chaque pression on effectue une série de mesures de déformations volumétriques ; l'ensemble des résultats des mesures donne deux courbes qui sont :

- La courbe prèssiométrique obtenue, avec les pressions en abscisses et les déformations volumétriques en ordonnées,
- Une courbe dite de « fluage » obtenue en portant en abscisse les pressions et en ordonnées les déformations de fluages correspondantes.

Le Standard Pénétration Test (S.P.T)

Devant la difficulté d'obtenir des échantillons intacts dans les sables sans cohésion, les Américains ont essayé d'utiliser les renseignements fournis lors du battage d'un carottier au fond du forage. En réalité, il s'agit là de la généralisation d'une astuce d'un vieux chef sondeur de la société « Raymond – Pile » qui vers 1925 a proposé à Terzaghi de compter le nombre de coups qui lui étaient nécessaires pour enfoncer d'un pied, le

carrotier dont il a l'habitude de se servir. Après avoir accumulé un très grand nombre de résultats, Terzaghi n'a jamais voulu qu'on modifie le carrotier qui avait été utilisé à cet époque et a érigé en mode opératoire ce qui n'était qu'une habitude de chantier. On mesure le nombre N sur 15cm de battage du carrotier standard.

A l'aide de cet essai sont déterminés la cohésion et l'angle frottement du sable, c'est un essai ancien qui a des applications très diverses surtout dans les problèmes de liquéfaction des sables. Plusieurs abaques de calculs sont établies à partir de ces résultats.

Le scissomètre

Il existe dans le monde un certain nombre de scissomètres tous basés sur le même principe, mais présentant quelques différences technologiques. Le scissomètre est composé essentiellement d'une partie active constituée d'un moulinet à pales de diamètres fixes reliées à un train de tiges d'entraînement avec deux bras de rotation. Un dynamomètre reliant les deux bras de rotation et mesure la force nécessaire pour assurer la rotation du moulinet. Le moulinet étant descendu à la profondeur désirée, on bloque le tubage de protection et on exerce sur les tiges d'entraînement un couple de torsion qui se transmet au moulinet. On mesure le couple de torsion en fonction de l'angle de rotation du moulinet enfoncé au fond d'un sondage ; une seule pression verticale est possible, celle qui règne naturellement à la profondeur de l'essai. C'est le seul essai mécanique qui permet la mesure de la cohésion non drainée in – situ dans un matériau très mou.

Moyens de prélèvement de sol

Différents moyens de prélèvement de sol sont utilisés dans la campagne d'investigation géotechnique. Leurs choix est dépendant de plusieurs facteurs tel que l'accessibilité des engins au site, la nature des projets et les délais de réalisation de l'étude. On peut citer à titre indicatif les moyens usuels de prélèvements à savoir :

Sondage mécanique

Le sondage mécanique est réalisé pour prélever des couches de sol à diverses profondeurs. Les méthodes de sondage mécanique sont nombreuses et variées on cite le sondage à percussion, à rotation ou vibration, à l'eau, à la boue ou à l'air, le carottage continu ou discontinu, au carottier simple, double ou triple, à la tarière continue ou discontinue, avec utilisation de trépan divers et récupération de cutting (PIERRE Martin, 1997).

Des essais in – situ peuvent être réalisés dans le sondage et des dispositifs de mesures de paramètres géotechniques variables dans le temps pourraient y être placées.

Les échantillons sont récupérés dans des carottes en métal ou en plastiques rangés dans des caisses et acheminés au laboratoire. Les points des sondages sont positionnés dans un plan d'implantation.

Autres moyens de prélèvements

Dans des sites très inaccessibles, on utilise les moyens traditionnels à savoir une pelle manuelle, une pioche et des couteaux pour prélever des échantillons après creusement de puits; les échantillons sont paraffinés sur place, enveloppés dans du papier et acheminés au laboratoire pour la réalisation d'essais géotechniques. Dans certains cas, on utilise la pelle mécanique pour la réalisation des puits de prélèvement manuel.

Essais de laboratoire

Les essais d'identifications

Ce sont les premiers essais effectués au laboratoire ; ils permettent de préciser la nature du sol et de le rattacher à une classe sol connue. Des essais de granulométrie et de sidimentométrie avec un matériel très simple peuvent donner des indications importantes sur le pourcentage des éléments fins. (PIERRE Martin, 1997). L'essai de la détermination des limites d'Atterberg et la mesure de l'équivalent de sable classent les sols rencontrés. Les analyses chimique et minéralogique approfondissent les identifications des sols.

Essais mécaniques

Ils constituent le deuxième groupe d'essais de laboratoire permettant de préciser le comportement mécanique des sols en observant les déformations qu'il subit sous l'effet de contraintes.

Des essais de cisaillement réalisés au moyen de la boîte de Casagrande donnant les paramètres de rupture.

L'essai triaxial où les conditions du site de l'échantillon sont reconstitués et on mesure le temps mis pour expulser l'eau de l'échantillon dans un système de contraintes prédéfinies (des essais sont normalisés de types, consolidé - drainé, non consolidé et non drainé et consolidé - non drainé)

L'oedomètre permet d'observer le tassement puis le gonflement d'un échantillon confiné et drainé au moyen d'un système de Terzaghi. Les paramètres déterminés permettent le calcul dans l'espace et dans le temps, des tassements primaires et secondaires de l'ouvrage. (PIERRE Martin, 1997)

Essais hydrauliques

L'essai Lefranc ou de perméabilité

L'essai est réalisé à l'intérieur du sondage en cours d'exécution dans des matériaux bouillants, aquifères ou secs, à la pression atmosphérique. La mesure de perméabilité est réalisée par pompage à des niveaux variés.

L'essai Lugeon

L'eau est injectée à pression et débit constants, dans des roches fissurées, peu perméables en utilisant un obturateur simple ou double; cet essai a été mis au point pour les études d'étanchéité des assises de barrages.

Instrumentation permanente

Les piézomètres

Constituées de simples tubes crépines équipés ou non de lamingraphes, les piézomètres sont utilisés pour contrôler les variations de niveau des nappes souterraines; naturelles ou

par pompage. Des cellules piézométriques plus complexes permettent de mesurer les variations de pressions interstitielles de massifs argileux en équilibre instable.

Les appareils optiques, géométriques ou mécaniques

Les Lasers, extensiomètres, fissuromètres, tassomètres, inclinomètres, dynamomètres... de divers types et modèles, enregistreurs ou non, permettent de surveiller les talus et falaises instables naturellement ou suite à des travaux ou les ouvrages menacés ou subissant des dommages liés au site.

II.2.6 Rapport de l'étude géotechnique

Après avoir réalisé toutes les phases de la reconnaissance, le géotechnicien ramasse toute l'information afin de rédiger le rapport de l'étude. Ce dernier concrétise un travail complexe qui a parfois duré plusieurs mois et qui a coûté beaucoup d'argent. L'interprétation des résultats est d'une importance capitale pour le projet. Le géotechnicien synthétise la documentation suivante :

- description du site,
- photos prises sur le site,
- avis des géologues,
- cartes,
- résultats des essais,
- coupes de sondages
- carnets d'observations des travaux de chantiers,
- documentation technique,
- normes des essais,
- ouvrages.

Ces informations constituent une masse de papier à synthétiser dans un rapport final qui sera facturé et remis au client dans les meilleurs délais. La forme d'un rapport d'étude géotechnique ne peut évidemment pas être normalisée comme l'essai ou la méthode de calcul. En général un rapport comporte les rubriques identiques qui servent à l'élaboration des fichiers pour la base de données, les plus importantes sont:

-
- caractères géotechniques du site
 - localisation
 - géologie régionale
 - géologie locale
 - morphologie
 - hydrologie
 - eaux souterraines
 - **aléas naturels**
 - caractères géotechniques dominants
 - observations
 - caractéristiques du projet
 - nature du projet.
 - structure du projet
 - caractéristiques spécifiques
 - programme de la reconnaissance
 - les essais in -- situ
 - les essais de laboratoires
 - les sondages carottés
 - Les coupes géotechniques
 - Les interprétations
 - Les calculs des fondations et des tassements
 - recommandations

II. 3 CONCLUSION

Les informations échangées durant le processus de réalisation de l'étude géotechnique sont très diversifiées. La modélisation de toutes les données nécessite une analyse et une méthodologie très spécifique.

CHAPITRE III

DEVELOPPEMENT DES BASES DE DONNEES

GEOTECHNIQUES

III. 1 INTRODUCTION

Le développement de bases de données géotechniques informatisées s'est fait en fonction des moyens matériels disponibles et de leurs évolutions. Les géotechniciens ont utilisé les moyens existants de façon à se doter d'un outil d'aide dans leur travail quotidien. Le stockage de leurs connaissances, de leur savoir-faire, dans un but d'utilisation, de transfert aux générations d'aujourd'hui ou de demain a été le labeur des plusieurs années de travail. Dans les paragraphes suivants seront passée en revue les différentes étapes de réflexions sur le stockage de l'information sur fichiers, l'utilisation du système d'information géographique et enfin le développement des bases de données géotechniques.

III. 2 STOCKAGE DE L'INFORMATION SUR FICHIERS

Les premiers travaux des géotechniciens pour le stockage de l'information géotechnique sur ordinateur ont concerné le domaine du sondage carotté; les données concernées étaient les coupes lithologiques et leurs implantations sur carte. Le but cherché était de transférer la documentation géologique sur ordinateur, les données d'archives ont été contrôlées et classées manuellement d'abord dans des fiches ; puis un nouveau contrôle se faisait à partir du logiciel utilisé. Après avoir corrigé les fautes éventuelles, les données sont transférées sur disque ensuite sur bandes magnétiques et ont été classées dans des fichiers comprenant les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géomécaniques ainsi que les analyses des eaux. Chaque objet est localisé par ses coordonnées, en général les objets concernés par le stockage étaient :

- nappe phréatique
- substratum rocheux
- stratigraphie
- lithologie
- position des points de sondages,

Pour illustrer le travail du transfert de l'information géotechnique sur fichiers, quelques exemples pratiques réalisés dans différents pays sont présentés dans les paragraphes suivants.

III. 3. 1 Développement d'un fichier informatique sur les mouvements de terrain

Le réseau des laboratoires des ponts et chaussées de Paris dans le souci de conserver et de centraliser les données du mouvement de terrain, a mis en place un logiciel sur Macintosh, ensuite sur Windows. La base de données ainsi construite est un ensemble de fichiers comprenant une soixantaine de rubriques relatives à un événement. Dans une fiche sont ordonnées quatre groupes à savoir :

- identification de l'événement : situation spatio-temporelle,
- description : type du phénomène, dimensions et données géologiques,
- relation avec l'activité humaine : victimes, dommages et mesures prises a posteriori,
- étude géotechnique : reconnaissance et analyses diverses effectuées après l'événement (DURVILLE et al, 1992).

Comme pour tout fichier, chaque rubrique a une forme bien définie (nombre de caractères, vocabulaire libre ou imposé, mode numérique ou alphanumérique, date, ...).

III. 3. 2 Base de données géologiques de la ville de Prague.

La documentation géologique du territoire de Prague a été transférée sur ordinateur de 1976 à 1988. L'analyse du codage des points de sondages sur cartes géologiques a été effectuée par l'intermédiaire du logiciel (IDMS) sur ordinateur ICL 2904. Le

remplissage de la base de données en termes de coupes de sondages et les vérifications du système étaient faits au fur et à mesure. Dans chaque carte géologique sont implantés les numéros des objets qui ont toutes les caractéristiques du sondage. Les cartes utilisées étaient à l'échelle 1/5000ème. Le travail de remplissage a démarré en 1981 et s'est terminé en 1988. Un logiciel a été intégré à la base de données pour la construction tridimensionnelle du site à partir des données des sondages. La municipalité de Prague a fourni les finances nécessaires pour préserver les données (ZADINOVA et al, 1992).

III. 3. 3 Banque de données géologiques de la ville de Liège

La banque de données réalisée dans le but d'archivage des données géotechniques de la ville de Liège contient un volume important d'informations. Les données brutes de type numérique, tels les essais de pénétration statique, font l'objet d'un traitement statistique. Les données de type alphanumérique (description des forages par exemple) sont abordées sous l'aspect syntaxique tandis que les données graphiques sont intégrées à la banque de données sous forme de fichiers vecteurs ou rasters.

La gestion des données est assurée par l'ensemble de programmes évolutifs autorisant un encodage classique par masque de saisie, adaptés aux types d'informations (forages, affleurements, galeries,..). Il sont obtenus par simple digitalisation en coordonnées (X, Y et Z) et sont utilisés sous forme de fichiers de références. Ces renseignements sont consignés dans la banque de données sous forme de fichiers pixels de type raster. Les documents photographiques, cartographiques et les dessins ou schémas réalisés par le géologue (coupes de terrain, logs de sondages) forment l'essentiel des données graphiques nécessitant l'utilisation d'un scanner; ils sont utilisables comme fond de plan (MARCHAND et al, 1992).

III. 3 SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES

III. 3. 1 Définitions

Les Systèmes d'Informations Géographiques sont des systèmes informatiques dont l'objectif est de traiter les données physiques, socio-économiques, de gérer des ressources naturelles, de recenser les données cadastrales et de réguler de la

circulation ainsi les données urbaines etc. Les Systèmes d'Informations Géographiques (S.I.G) sont donc des systèmes informatiques permettant à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser des informations localisées géographiquement de les gérer, les analyser, les combiner, les élaborer et les présenter. Un (S.I.G) Comme tout autre système n'existe pas et ne peut exister seul, Il doit s'intégrer dans un contexte.

III. 3. 2 Application des systèmes d'Informations géographique en géotechnique

Les géotechniciens ont vu l'intérêt et la facilité dans la consultation offerte par ces systèmes et plusieurs applications ont été réalisées par le SIG en géotechnique. A titre d'exemple aux Etats Unis, le S.I.G a été utilisé pour la gestion des bases de données géotechniques des sites de sols liquéfiables et sismiques (FROST J.D et al, 1992). Pour illustration nous présenterons un exemple récent de l'application du S.I.G.

Exemple d'application du SIG en géotechnique

De manière à valoriser les résultats des nombreuses études et campagnes de reconnaissance réalisées sur un site donné, EEG SIMECSOL pour le compte des Services Techniques de la Ville de Vitry-sur-Seine (commune de 60 000 hab. située dans le département du Val de Marne -94, France), a développé la base de données des sondages et des essais in-situ par le biais du système d'informations géographiques.

Toutes les données peuvent être représentées graphiquement sur des cartes et sur des coupes, dans la carte est indiquée la position de tous les sondages et chaque type de sondage (carotté, Standard Pénétration Test, préssiométrique...) est représenté par une couleur différente (BENTABET, 2001).

L'exploitation des différentes données recueillies permet de définir les contours géométriques des formations géologiques, on y superpose éventuellement des renseignements concernant les terrains de surfaces: remblais, exploitation des formations alluvionnaires, etc. et les limites d'anciennes carrières d'exploitation souterraines de gypse ou de calcaire grossier. La banque de données permet d'obtenir

des informations sur la succession verticale des terrains dans les cinquante premiers mètres du sous-sol :

- logs des sondages les plus proches du point donné, avec pour chaque formation les paramètres physico-chimiques et les caractéristiques mécaniques des terrains rencontrés,
- coupes transversales montrant un modèle de couches géologiques, reliant deux, voire plusieurs points,
- cartes en courbes de niveaux des altitudes profondeurs / épaisseurs des différentes formations modélisées, ou des nappes d'eau, en superposant n'importe quelles données de la base de sondages ou d'autres bases (tracés d'ouvrages...).

On peut également faire apparaître tous les sondages contenant par exemple le mot calcaire de St-Ouen dans la description des terrains, sélectionner les données que l'on souhaite afficher, modifier l'échelle de la carte, changer le fond de la carte ou le mode de présentation des données. On peut aussi modifier l'épaisseur de la coupe verticale en visualisant ainsi plus ou moins de sondages, son orientation, ses échelles horizontale et verticale, ainsi que le mode de représentation des sondages. (BENTABET, 2001)

III. 4 CONCEPTION DES BASES DE DONNEES GEOTECHNIQUES

Les systèmes d'informations géotechniques ont été développés grâce à l'intégration des méthodes de conception de systèmes qui se basent sur l'étude de l'existant et sur la capacité de pouvoir séparer la structure des données et des traitements. Un rapprochement entre concepteurs de systèmes d'informations et experts géotechniciens a donné naissance à l'approche « base de données géotechniques ».

Les premiers travaux ont commencé vers les années 1988 par Gnewood aux USA, où le concept de dictionnaire de données structurées en fiches a été utilisé. D'autres travaux pour la conception des Bases de Données Géotechniques ont été lancés dans divers pays (Royaume Unis, Canada et France). La démarche de travail des spécialistes de la

conception des Systèmes d'information et les experts en géotechniques était basée sur la pratique géotechnique. La méthode d'analyse pour la modélisation des données est basée sur la théorie des méthodes des systèmes d'information (GREENWOOD et al , 1992).

Pour illustrer le travail de conception et de modélisation des données, quelques exemples de conception de bases de données géotechniques sont présentées dans les paragraphes suivants.

III. 4. 1 Base de données « GEOTECH »

Présentation de « GEOTECH »

La base de données « GEOTECH » est née en 1985 d'une collaboration université (Ecole Polytechnique de Montréal, Génie Civil, Canada) et industrie. Le modèle de données couvre toutes les informations spécifiques à la géotechnique, des essais de laboratoire jusqu'aux paramètres de conception. Le modèle de données de « GEOTECH » est un système intégré de gestion et de traitement des données. Il peut être utilisé aussi bien par le laboratoire exécutant la campagne d'exploration que par l'expert conseil responsable de la conception des ouvrages (LESSARD et al ,1992).

Modélisation des données « GEOTECH »

La pratique géotechnique a été à la base de la modélisation des données qui a conduit à l'établissement des tables ORACLE. L'entité de base du modèle de données géotechniques est le **sondage**. Celui ci est d'abord quantifié, localisé et lié à un site pouvant regrouper plusieurs sondages. Le type du sondage, l'environnement et la stratigraphie qu'il traverse sont ensuite décrits. Les essais in - situ constituent une famille d'entités liées au sondage, tandis que les essais de laboratoire forment une autre famille d'entités liée au sondage via l'entité échantillon. Le modèle prévoit quelques entités comme des codes stratigraphiques par exemple.

III. 4. 2 Base de données « BDSOL »

Présentation de « BDSOL »

BDSOL représente une structure de bases de données pour le stockage des informations sur le sol. Elle est élaborée par AL-HAJJAR J.,BOULEMIA à l'université de Lille, laboratoire méthode et habitat, France. Elle est reliée à un outil d'aide KBSOL qui est le système à base de connaissance permettant de vérifier la cohérence des données avant d'être stockés dans BDSOL. Ce **prétraitement** permet de mettre à la disposition des différentes applications géotechniques des données relativement fiables (AL-HAJJAR et all, 1992)

Méthode de conception de la base de données de sol « BDSOL »

La base de données « BDSOL » a été créée dans le but de l'utiliser comme base de données commune à différents projets (fondations, terrassements, réseaux). Elle est développée dans un environnement relationnel (ORACLE sous DOS-(4/Oracle). Le formalisme utilisé pour modéliser les données du sol est celui de la méthode **Merise**(5/Gobay).

Concepts de « BDSOL »

Le modèle conceptuel des données (M.C.D) a été réalisé à l'aide des trois concepts suivants :

- objet,
- relation,
- propriété.

L'objet ou individu est une entité pourvue d'une existence propre et conforme aux choix de gestion, les propriétés du pressiomètre sont à titre d'exemple sont:

- numéro pressiomètre
- coordonnées X
- coordonnées Y
- profondeur
- cote
- date essai

La relation entre les objets est une association perçue dans le réel entre deux ou plusieurs entités. Elle définit et détermine la filiation entre eux ; à titre d'exemple la relation entre l'objet pressiomètre et l'objet couche de sol est :

- le pressiomètre traverse une ou plusieurs couches traduisant les cardinalités (1,n) ; cela signifie aussi qu'une couche peut être traversée par zéro ou plusieurs préssiomètres (cardinalité 0,n),
- la base de données est constituée d'un noyau et d'un système de gestion.

Noyau de « BDSOL »

Les données dans le noyau sont structurées en trois groupes d'objets :

- les couches,
- les essais,
- les éléments de fondations.

Le sol est considéré comme une succession de couches de comportement différent ; le comportement de ces couches est déduit des résultats d'essais de reconnaissance réalisés. La description complète nécessite la modélisation des couches et des essais.

Un élément de fondation est décrit par des caractéristiques géométriques et par les valeurs résultant des évaluations techniques et économiques. La description dépend de la classe d'objets à laquelle il appartient dans la famille d'objets (fondation superficielles, semi-profonde ou profonde). Compte tenu des modélisations retenues, le projet de fondation est formé d'un système de fondation et d'un sol de fondation. L'identification **des relations** « repose sur » et « lié à » entre objets permet d'effectuer les traitements appropriés à l'évaluation des fondations. Les principales relations sont :

- un sol de fondation est composé de couches et d'essais,
- un élément de fondation repose sur un sol de fondation,
- une couche de sol repose sur une couche de sol,
- un essai de laboratoire est lié à une couche de sol,
- un essai in - situ est lié à une ou plusieurs couches.

Couplage « BDSOL-EVALDO »

Le système d'aide à la conception appelé ELVADO, est constitué de cinq modules :

DEFPROF : Ce module représente la base de données du projet ; y sont organisées les données relatives au sol, celles relatives aux systèmes de fondation et les informations générales sur le bâtiment projeté.

PREDIM : ce module sert à réaliser un premier dimensionnement des éléments du système de fondation proposé.

EVALTECH : ce module est divisée en deux parties, une est relative à l'évaluation de la portance, l'autre est relative à l'évaluation du tassement.

EVALCO : ce module permet de réaliser le quantitatif et l'estimatif d'une partie ou de l'ensemble du projet

ETATPROJ : ce module propose une vision panoramique sur l'état du projet en cours de traitement

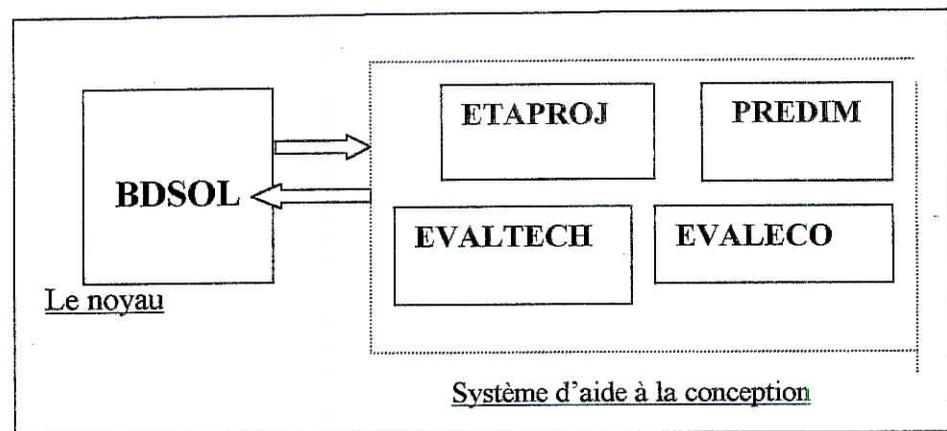


Figure III. 1 - Le couplage BDSOL-ELVADO - (AL HAJJAR J et all, 1992)

Le même **formalisme de modélisation** de données a été suivi pour la conception des modules, à savoir **la méthode Merise** et l'environnement Oracle.

L'élaboration de la base de données BDSOL a permis de définir d'une manière détaillée les caractéristiques du sol intéressant différents projets d'infrastructures, ainsi que leurs inter - relations. Cette base de données est donc non seulement un noyau sur le sol

communément pour différentes applications, mais elle aussi un outil d'archivage d'essais.

III. 4. 3 Banque d'essai « MODELISOL »

Présentation de la base de données « MODELISOL »

MODELISOL est issue d'un projet développé vers les années 1988 à l'Ecole Centrale de Paris avec des subventions des Ministères et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M). Les buts visés par le projet étaient de promouvoir en ingénierie géotechnique les développements faits en recherche sur les lois de comportement des sols, les méthodes statistiques d'analyse et la quantification des incertitudes pour une approche probabiliste et décisionnelle. Ainsi la banque devait s'adresser aussi bien aux ingénieurs qu'aux chercheurs et être largement accessible (MARCHAND et al, 1992). Il est évident qu'un tel objectif demande de l'ingénierie une démarche de recherche et de la part de la recherche un rapprochement de l'ingénierie avec des moyens matériels énormes.

Membres fondateurs de L'association MODELISOL

En 1990 une Association à but non lucratif constituée de neuf membres fondateurs pris en charge les développements de la maquette, il s'agit de :

- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M) Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics (C.E.B.T.P),
- Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (C.E.M.A.G.R.E.F),
- Ecole Centrale de Paris (E.C.P), Laboratoire de Mécanique de sols , Structures et matériaux,
- Electricité de France (E.D.F),
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (L.C.P.C),
- Laboratoire Public d'Essais de l'Etat (L.P.E.E) Maroc .

Méthode de conception de la base de données « MODELISOL »

Le Modèle Conceptuel de Données (M.C.D) a été conçu grâce à la méthode Merise. L'information de base porte sur les essais réalisés in – situ et en laboratoire pour une formation donnée ; les essais retenus au début sont :

- le sondage carotté avec prise ou non d'échantillons,
- le pressiomètre Ménard,
- le pénétromètre statique et dynamique,
- les identifications du sol en laboratoire,
- l'essai de compactage,
- l'essai de compressibilité,
- l'essai de cisaillement.

D'autres essais peuvent être rajoutés à la demande.

Les données sont modélisées dans les tables du modèle relationnel, le système de gestion choisi de la base de données « MODELISOL » est ORACLE.

Modélisation des données de « modelisol »

Les résultats d'essais de laboratoires sont réunis dans des fiches échantillons. Pour les essais in – situ, il n'y a pas de regroupement possible dans une fiche puisqu'on rencontre pratiquement plusieurs couches et que les propriétés varient d'un point à l'autre de l'espace. Les courbes résultats sont attachés à chaque essai.

Les différentes fiches d'une même nature d'information sont repérées, soit par des numéros, des identifiants codés, ou par des numéros et les valeurs d'un index.

Les liaisons entre informations de différentes natures sont faites en rappelant ces repérages.

L'information de base est constituée par les « dossiers ». Les résultats de laboratoires ont été regroupés dans les fiches « échantillons » ce qui permet une consultation indépendante de celle du dossier in-situ. Un dossier peut comporter plusieurs échantillons, chaque essai est relié soit à un échantillon (essai de laboratoire) soit à un

dossier (essai in-situ) par le numéro de l'un ou l'autre. De plus , chaque essai a son numéro propre ce qui le rend indépendant du dossier.

III. 4. 4 Base de données sur la modélisation numérique des remblais « MOMIS » .

Présentation de la base de données « MOMIS »

Une base de données sur la modélisation numérique d'ouvrages géotechniques (confrontation entre les calculs et les mesures in – situ) est en cours de développement par Philippe MESTAT et son équipe de recherche, à la division mécanique des sols et des roches au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées en France. Cette base comprend a la date de sa publication (Juin 2001) 160 fiches, dont 84 concernent des remblais et digues sur sols compressibles. Chaque fiche est le fruit de l'analyse d'un article, d'une communication ou d'un rapport. L'exploitation de cette base a permis de mettre en évidence quelques principes de modélisation pour les remblais et de quantifier les écarts entre les résultats des modèles et les mesures réalisées sur les ouvrages réels (MESTAT, 2001).

Conception de la base « MOMIS »

Chaque fiche des 84 est liée à une modélisation, en rassemble des rubriques qui constituent autant d'étapes dans l'élaborations d'un modèle de calcul. Elles se rattachent à huit familles dans lesquelles sont reportées les informations suivantes :

- le type d'analyse (en condition drainée, non drainée, consolidation, cyclique),
- la nature des terrains rencontrés sur le site et l'épaisseur de chaque couche,
- la technique de construction, les dimensions réelles de l'ouvrage, une description de son environnement (nappe phréatique, ouvrages voisins, etc.),
- les lois de comportement pour les terrains naturels et les matériaux de construction (élasticité, élastoplasticité, élasto-visco-plasticité), la méthodologie de détermination des valeurs des paramètres,
- le modèle de calcul (dimensions, type d'éléments finis, densité de maillage, conditions aux limites, sollicitations, pas de temps, phasage de construction, lois d'interfaces, etc.) et une figure représentant le maillage,

- les courbes traduisant la confrontation entre les résultats des calculs et les valeurs mesurées,
- les conclusions sur la confrontation (écart maximum, erreurs relatives, etc.),
- les références bibliographiques des documents analysés.

Etat actuel et possibilités d'exploitation de « momis »

La base de données comporte des fiches provenant soit de travaux du réseau des LPC, soit d'articles, de communications. Les données les plus anciennes remontent à 1972 et se répartissent régulièrement depuis cette date. Il s'agit pour l'instant de fichiers créés avec le traitement de texte WORD 97. La version informatisée sous le logiciel ACCESS est en cours de réalisation en partenariat avec le Laboratoire de Génie civil de l'Ecole Centrale de Nantes (Mestat et Riou, 1999) ; Mestat et Riou, 2001. Les exploitations statistiques et graphiques seront alors automatisées et les possibilités de recherches sont nombreuses :

- sélection par origine géographique,
- mise en évidence de corrélations entre paramètres,
- caractéristiques des modèles d'éléments finis,
- ordres de grandeur des valeurs mesurées par type d'ouvrage ou nature de terrain,
- estimation des écarts calculs – mesures par type d'ouvrages et par type de variables.

En attendant une finalisation du travail de modélisation, les informations recueillies ont permis de dégager d'intéressants enseignements sur près de trente ans de modélisation des remblais sur sols compressibles.

III. 5 CONCLUSION

réalisations des bases de données A partir de cette étude qui a mis en évidence la chronologie technique de conception et géotechniques, après l'analyse des différents exemples depuis l'utilisation des bandes magnétiques jusqu'à l'utilisation des systèmes d'informations

Les bases de données géotechniques offrent soit à l'Ingénieur géotechniciens, aux ingénieurs des bureaux d'études ou aux chercheurs des supports de consultations des études géotechniques. En général il s'agissait de fournir à l'utilisateur les principales caractéristiques géotechniques nécessaires à la conduite des projets, les principaux types de sols rencontrés dans les sites constructibles. On peut conclure **que La structuration des données** représente la partie la plus intangible de la base.

A partir des différentes expériences citées dans la bibliographie, on peut tirer les importantes conclusions de la conception des bases de données géotechniques :

- utilisation des bases de données relationnelles en géotechniques a permis d'avoir une organisation structurée des diverses données géotechniques .
- environnement relationnel offre à l'utilisateur la facilité de gérer les données courantes ,
- **Merise** est la méthodologie d'analyse la plus pratiquée pour la conception des modèles de données géotechnique,
- la pratique géotechnique est la base de l'analyse de l'existant.

CHAPITRE IV

CONCEPTION DE LA BASE

DE DONNEES GEOTECHNIQUES « GEO- BASE »

IV. 1 INTRODUCTION

En œuvrant dans l'esprit de l'utilisation optimale de l'information géotechnique, c'est à dire le développement d'outils d'aides pour faciliter l'échange et la collecte d'informations lors du processus de réalisation, avant et après le déroulement des études géotechniques. Après analyse des travaux sur le développement des bases de données, une nouvelle base de donnée est proposée dont son modèle conceptuel est développé dans le cadre de cette thèse.

IV. 2 VISION DE LA BASE DE DONNES

Les données modélisées dans la base sont les données géotechniques directement mesurées avec toutes leurs caractéristiques et celles recueillies après traitements. Les résultats d'essais et les rapports d'études seront ensuite stockés.

IV.2.1 Objectifs

La démarche de conception de la base de données s'appuie directement sur la pratique du travail quotidien du géotechnicien; le stockage de l'information s'étendra du bon de commande au recouvrement de l'étude. Cette conception est justifiée de manière à ce que la base ne doit pas être modifiée quelques soit les modifications des méthodes de traitements. Les principaux objectifs de la base sont :

- la base de données développée dans le cadre du travail de la thèse est nommée « Géo - Base »
- les données modélisées sont les données d'études géotechniques directement mesurées et celles recueillies après traitements,
- la base de données géotechniques est une structure sémantique regroupant des informations obtenues de diverses campagnes de reconnaissances et divers sites ,

- les données sont structurées dans un modèle relationnel,
- la base de données est constituée d'un noyau et d'un système de gestion,
- le système de gestion regroupe l'ensemble des procédés de gestion et techniques d'interprétations et de calculs,
- les données sont modélisées par la méthode Merise.

IV.2.2 Architecture

La figure IV.1 représente le schéma général de l'architecture de la base de données :

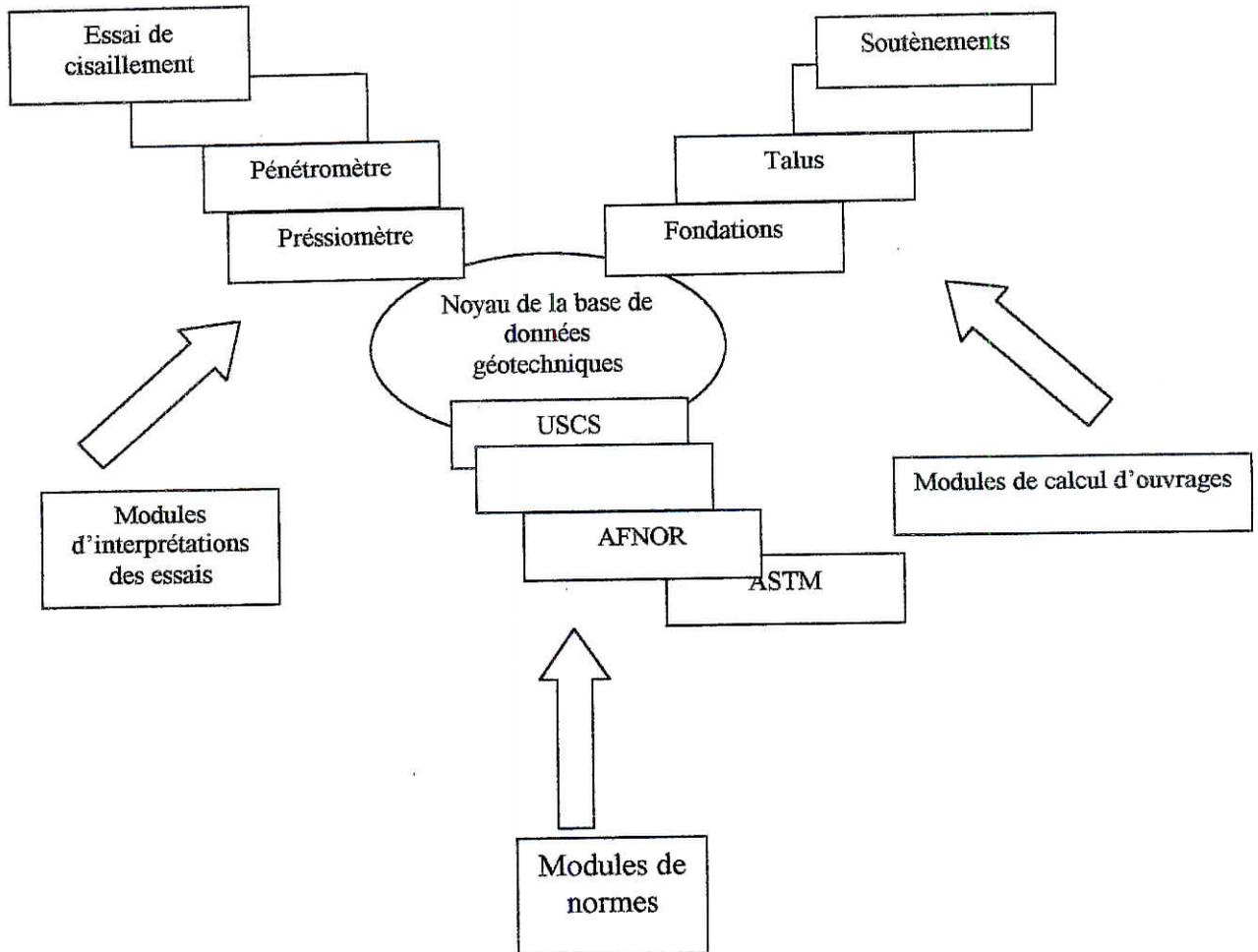


Figure V.1 Architecture de la base de données

La base de données géotechniques est construite d'un noyau et d'un ensemble de logiciels systèmes satellites entourant le noyau. Dans le noyau sont définies tous les paramètres géotechniques. Les données de la base sont définies et rangées dans un

dictionnaire. L'ensemble des logiciels regroupe tous les procédés de gestion et techniques d'interprétations et de calcul de fondations. L'architecture choisie est du type fédérée; l'utilisateur peut extraire des données du serveur, les traiter à son niveau sans être gêné par les autres utilisateurs. Dans cette architecture le (Description Manipulation and Control Sub – system) DMCS est inclus à l'intérieur du noyau du système de gestion au niveau du serveur et autour duquel s'articulent des processus supportant les outils et les interfaces externes. Il en résulte pour les utilisateurs une simplicité pour la consultation multi – usages de la base de données. Dans la pratique, cette architecture permet aux géotechniciens d'avoir un système informationnel utilitaire pour les études géotechniques. Ce système pourra intéresser aussi les géologues pour des consultations de cartes géologiques sur écran et les superposer aux cartes locales. L'esquisse de l'architecture oriente la démarche de développement du modèle conceptuel.

IV. 3 ETUDE DE L' EXISTANT

L'analyse de l'existant est l'étude du système concerné par la modélisation dont la première étape consiste à délimiter le secteur d'étude, à définir une démarche d'analyse, à identifier les acteurs et à élaborer le flux d'informations rentrant dans le processus.

La deuxième étape consiste à faire la description tâches de tous les postes de travail, analyser les différents documents manipulés pour obtenir toutes les informations qui seront utilisées pour la construction du Modèle Conceptuel des Données.

La démarche de l'étude de l'existant a suivi des étapes logiques définies par Merise à savoir la délimitation du secteur d'étude qui est les laboratoires en Algérie, les contacts avec le personnel du domaine, les interviews et les discussions avec l'encadrement, le dépouillement et les analyses des documents.

IV.3.1 Secteur d'étude : Laboratoires en Algérie

Le secteur d'étude concerné par la base de données géotechnique est les laboratoires algériens. Les études géotechniques en Algérie ont commencé à intéresser les pouvoirs publics avec le développement économique et industriel du pays. Pour des raisons techniques qu'économiques, les budgets alloués aux études de sols, aux reconnaissances géotechniques des routes et matériaux sont devenus de plus en plus intéressants.

Avant l'indépendance les études géotechniques étaient réalisés par Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) de France qui avait une division à Alger (Hussein -dey) et

le Centre Etudes du Bâtiment et Travaux Publics (CEBTP) qui lui aussi avait sa division à Alger (Les 4 Canons).

En 1968 fut créé le laboratoire de l'état Algérien sous le nom de Laboratoire National des Travaux Publics et Bâtiments (LNTPB) en fusionnant les deux divisions et en héritant leurs logistiques et leurs archives.

Durant la période 1968-1980 le Laboratoire National des Travaux Publics et Bâtiments était le seul laboratoire en Algérie pilotant tout le secteur Bâtiment et travaux publics.

Après le séisme de Chefef de 1980, fut créé le Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction (LNHC) car les études géotechniques sont devenues assez importantes dans le bâtiment. Depuis 1980 à ce jour le LNHC n'a pas changé d'appellation, il intervient dans les études géotechniques des projets importants du secteur du bâtiment.

A partir de 1983 furent créés d'autres laboratoires régionaux autonomes issus d'une restructuration du LNTPB qui sont: le Laboratoire des Travaux Publics du Centre(1983-1998), le Laboratoire des Travaux Publics du Sud (1983 à ce jour), le Laboratoire des Travaux Publics Ouest (1983 à ce jour), le Laboratoire des Travaux Publics de l'Est (1983 à ce jour), Le laboratoire qui avait la mission de la recherche et le contrôle qui est passé par les appellations suivantes: Laboratoire National des Travaux Publics (1983-1990) et Contrôleur Technique des Travaux Publics(1990 à ce jour). En 1998 fut créée Le Laboratoire Central des Travaux Publics à Husseindey dans les locaux de l'enceinte division du LCPC, Le LCTP assure l'encadrement des laboratoires régionaux depuis 1998 à ce jour.

Avec l'ouverture du marché beaucoup de laboratoires privés sont aussi installés surtout depuis 1990.

IV.2.3 Démarche d'analyse

Les tâches pratiques réalisées dans ce cadre sont:

- entretiens avec l'ensemble de l'encadrement des laboratoires dans le but de susciter leurs besoins d'informations de la base de données géotechniques,
- échanges de points de vues avec la communauté des géotechniciens sur leurs aspirations en informations en géotechniques (Techniciens, Ingénieurs et archivistes) ont eu lieu avec le personnel du LCTP, LNHC, LTPS et CTTP,
- débat très riche avec la présence d'un nombre important de géotechniciens de plusieurs laboratoires a eu lieu en octobre 2001 après la communication qui

concernait la présentation de l'architecture de la base de données géotechnique (DÉBICHE. et all , 2001),

IV.3.2 Elaboration du flux d'informations

Les acteurs intervenants dans le processus de réalisation de l'étude géotechniques sont :

Acteur externe : qui est représenté par le client,

Acteurs internes : Ce sont tous les acteurs rentrants dans le cadre du processus de réalisation (Figure VI.2 –Le flux d'informations del'étudegéotechnique).

Le flux d'information de l'étude géotechnique est élaboré selon les concepts de Merise. Le flux d'informations est composé de tous les acteurs intervenants dans le cadre de la réalisation de l'étude. Les relations en terme d'informationd entre acteurs sont classées par numéros , la nature de l'information est décrite dans le tableau N°. Le shéma du flux d'informations est récapitulé dans Figure VI.2 –Le flux d'informations del'étudegéotechnique.

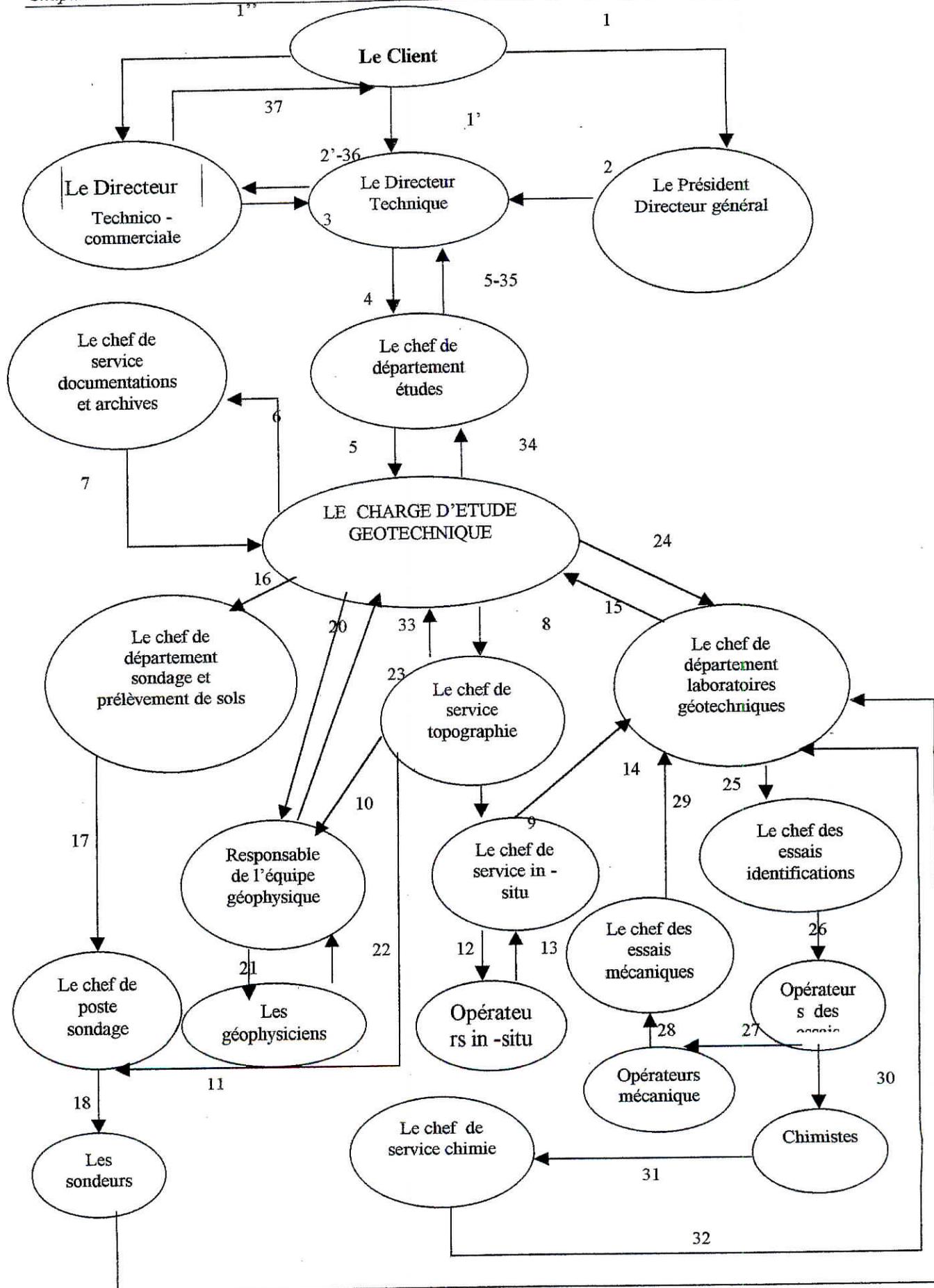


Figure IV.1 Le flux d'informations de l'étude géotechnique

IV.3.3 Description du flux d'informations géotechniques

Tableau VI.1 – Description du flux d'informations géotechniques

n°	Désignations
1	Commande d'étude géotechnique après approbation d'un devis, signature d'une convention, signature de marché, consultation restreinte ou une commande ouverte.
1''	Commande d'étude géotechnique après approbation d'un devis, signature d'une convention, signature de marché, consultation restreinte ou une commande ouverte
2	Envoi de la commande pour prise en charge
2'	Envoi de la commande pour prise en charge
3	Envoi de la commande affecté d'un numéro de dossier interne
4	Envoi de la commande pour programmation
5	Demande de réaliser l'étude
6	Demande la documentation
7	Mise à la disposition les cartes géologiques, topographiques, photos aériennes, archives relatives au projet et au site, normes, articles et ouvrages.
8	Demande l'implantation des essais géophysiques, essais in situ, sondages carottés, puits, tarières, essais hydrauliques et l'instrumentation sur site.
9	Implante les essais in- situ
10	Implante les essais géophysiques
11	Implante les sondages carottés, les puits et tarières.
12	Demande de réaliser les essais sur site
13	Reçoit les résultats d'essais in – situ pour vérifications et visas.
14	Reçoit les résultats d'essais in – situ pour contre visas
15	Reçoit les résultats d'essais in – situ
16	Demande les réalisations de sondages, puits ou autres prélèvements d'échantillons
17	Demande la réalisation des travaux de sondages et de prélèvements d'échantillons
18	Demande la réalisation des travaux de sondages et de prélèvements d'échantillons
19	Remises d'échantillons de sols prélevés dans des caisses ou dans des sacs pour le laboratoire accompagnés de cahier journalier de chantier
20	Demande la réalisation d'étude géophysique
21	Demande la réalisation d'étude géophysique
22	Remise du rapport géophysique pour vérification et visas
23	Remise du rapport géophysique visé
11	Reçoit le plan d'implantation des essais in – situ, géophysiques, sondages, puits et tarières.
12	Reçoit les carottes, les prélèvements, les échantillons
24	Demande d'essais de laboratoire accompagnés d'un programme établi soit par le client, ou par le Géotechnicien selon les modalités de la commande.
25	Remet les échantillons pour essais d'identifications
26	Demande la réalisation des essais d'identifications
27	Remet les échantillons pour essais mécaniques
28	Remet les résultats des essais mécaniques pour vérifications et visas
29	Remise des résultats d'essais visés
30	Remet les échantillons pour analyses chimiques
31	Remet les résultats d'analyses chimiques pour vérifications et visas
32	Remet les résultats d'analyses chimiques visés
33	Remise du plan d'implantation de tous les essais in-situ, sondage et essais géophysiques
34	Remise du rapport géotechnique pour vérification et visas
35	Remise du rapport géotechnique pour contre visas
36	Remise du rapport géotechnique pour facturation
37	Remise du rapport géotechnique au client

IV.3.4 Etude des postes de travail

L'étude des postes de travail consiste à étudier les missions et les tâches de chaque poste dans le cadre de l'étude. Dans le tableau IV.2 sont énumérés tous les postes.

Tableau VI. 2 – Les postes de travail d'une étude géotechnique

N° de poste	Désignation
1	Président Directeur Général
2	Directeur Technique
3	Directeur Technico - commercial
4	Le chef de département études
5	Le chargé d'étude géotechnique
6	Le chef de service documentation et archives
7	Le chef de département laboratoire géotechnique
8	Le chef de département sondage
9	Le responsable des essais géophysiques
10	Le chef de service des essais in -situ
11	Le chef de service des essais identifications
12	Le chef de service des essais mécanique
13	Le chef de poste sondage
14	Opérateurs

N ° du poste : 1

Désignation : Président Directeur Général

Attribution : Responsabilité totale sur l'étude

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Tableau IV. 2 – Poste du Président.Directeur Général

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Reçoit le client ;
2	Orienté et conseil l'encadrement technique ;
3	Intervient lors des réunions de coordinations pour les respects des délais des études ;
4	Veille sur la qualité de l'étude ;
5	Peut accélérer la programmation des équipes des essais in – situ et de laboratoires ;
6	Veille sur le recouvrement financier de l'étude ;
7	Préside les réunions de coordinations.

N ° du poste : 2

Désignation : Le Directeur Technique

Attribution : Responsabilité technique - financière

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production :

Tableau IV.3 -.Poste du Directeur Technique--

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Reçoit et contacte le client ;
2	Orienté et conseil le chef de département étude et le géotechnicien ;
3	Demande lors des réunions de coordinations et en dehors des réunions les structures de soutiens les réalisations des taches logistiques pour pouvoir respecter des délais prévues ;
4	Veille sur la qualité de l'étude et les délais des études ;
5	Peut accélérer la programmation des équipes des essais in – situ et de laboratoires ;
6	Prend les décisions lors des difficultés rencontrées lors de la réalisation des études ;
7	Contre vise le rapport géotechnique,
8	Orienté et conseille le géotechnicien sur la consultation documentaire Et bibliographique ;
9	Intervient pour régler les factures des études.

N° du poste : 3

Désignation : Le Directeur Commercial

Attribution : Responsabilité financière

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Facture et recouvrement de l'étude

Tableau IV.4 – La présentation du poste du Directeur Commercial

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Reçoit et contacte le client ;
2	Réceptionne le bon de commande ;
3	Prépare les marchés et conventions avec le directeur technique et le directeur général ;
4	Affecte un N° interne du dossier de l'étude géotechnique ;
5	Centralise les factures internes et externes des factures des prestations ;
6	Il assure le recouvrement des études vis à vis du client ;
7	Remet le rapport géotechnique au client ;

N° du poste : 4

Désignation : Le chef de département étude géotechnique

Attribution : Responsabilité totale sur l'étude

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Rapport d'étude géotechnique

Tableau IV. 5 – Poste du chef de département géotechnique

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne le dossier d'étude géotechnique ;
2	Contacte le client ;
3	Visite le site ;
4	Orienté et encadre le chargé d'étude géotechnique
5	Visite et contrôle les interventions sur chantier ;
6	Contrôle le déroulement des essais de laboratoires ;
7	Participe aux réunions avec le client lors de l'étude, après remise du rapport sur demande du client ;
8	Visé le rapport géotechnique ;
9	Participe aux recouvrements financiers de l'étude ;

N° du poste : 5

Désignation : Le chargé d'étude géotechnique

Attribution : Responsabilité totale sur l'étude

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Rapport d'étude géotechnique

Tableau IV. 6 – Poste du chargé d'étude géotechnique

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne le dossier d'étude géotechnique ;
2	Contacte le client ;
3	Visite le site ;
4	Etabli le programme de reconnaissance s'il n'est pas établi par le client ;
5	Etabli les demandes d'interventions des équipes des essais in – situ, de sondage, de la géophysique, de topographie et des essais de laboratoire ;
6	Consulte la documentation spécialisée (cartes géologiques, cartes topographiques, photos aériennes, notes, ouvrages et revues) ;
7	Visite et contrôle les interventions sur chantier ; .
8	Etabli les coupes lithologiques seul ou avec le géologue sur le site, ou au laboratoire après réception des caisses à carottes ou des échantillons prélevés ;
9	Contrôle le déroulement des essais de laboratoires ;
10	Rédige le rapport géotechnique ;
11	Participe aux réunions avec le client lors de l'étude, après remise du rapport sur demande du client ;
12	Vise le rapport géotechnique ;
13	Etabli la facture de ses prestations relatives aux vacations sur sites et au laboratoires ;
14	Participe aux recouvrements financier de l'étude ;

N° du poste : 6

Désignation : Le chef de service documentation et archives

Attribution : Implantation des essais géotechniques in – situ, géophysiques

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Assure la diffusion de la documentation.

Tableau IV. 8 – Post de chef de service documentation et archives

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne les demandes et les besoins en articles, ouvrages, cartes géotechniques, cartes topographiques ; photos aériennes, ouvrages, archives etc.
2	Met à la disposition des demandeurs la documentation disponible ;
3	Visite le site en compagnie du chargé d'étude avec le client ou seul ;
4	Organise les archives des études géotechniques ;

N° du poste : 7

Désignation : Le chef de département laboratoire géotechnique

Attribution : Réalisation des essais géotechniques sur le site et au laboratoire

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Les résultats des essais

Tableau IV. 9 -Post chef de département laboratoire géotechnique -

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne les demandes des essais géotechniques ;
2	Programme le déroulement des essais ;
3	Visite le site lors du déroulement des essais in -situ ;
4	Contrôle et encadre les opérateurs lors du déroulement des essais pour le respect des délais et la qualité ;
5	Assiste aux réunions de coordinations avec la direction technique et la direction générale ;
6	Consulte la documentation spécialisée et en particulier les normes et modes opératoires ;
7	Etabli les factures des prestations réalisés ;
8	Participe aux recouvrement financier de l'étude ;

N° du poste : 8

Désignation : Le chef de département sondage

Attribution : Réalisation du sondage carotté et prélèvement de sols intacts ou remaniés

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Prélèvement d'échantillons de sols

Tableau IV.10 – post de chef de département sondage

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne les demandes pour la réalisation des sondages carottés, prélèvement à la tarière et prélèvement à partir des puits ;
2	Répartie les machines et les équipes selon les priorités et les urgences exprimées par la direction ;
3	Visite le site pour le contrôle et le suivi des chantiers ;
4	Coordonne avec les structures de soutien logistique pour la maintenance des machines ;
5	Assure l'envoi des caisses à carottes et des échantillons prélevés sur le site aux demandeurs accompagnés des rapports journaliers visés par lui-même ;
6	Réalise les essais annexes aux sondages (essais hydrauliques, pose de piézomètre, essais scissométriques) ;
7	Participe aux réunions de coordination avec la direction générale et la direction technique ;
8	Etablit la facture de ses prestations. ;
9	Participe au recouvrement financier de l'étude ;

N° du poste : 9

Désignation : Le responsable des essais géophysiques

Attribution : Réalisation du rapport géophysique

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax

Résultats de production : Rapport géophysique

Tableau IV. 11 – La présentation du post du responsable des essais géophysiques

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne la demande d'intervention de géophysique
2	Implante les essais sur site avec le topographe
3	Réalise les essais sismiques, électriques, cross hall ou autre selon la demande du chargé d'étude géotechnique
4	Interprète les résultats et rédige le rapport géophysique
5	Remet le rapport au chargé d'étude géotechnique accompagné de factures

N° poste : 10

Désignation : Le chef de poste sondage

Attribution : Réalisation des sondages carottés

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax

Résultats de production : Caisses à carottes de sols

Tableau IV.12 –Post du responsable des essais géophysiques -

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Implante les points de sondages sur le site avec le topographe seul ou accompagné du géotechnicien ;
2	Réalise le sondage carotté accompagnés des sondeurs et aides sondeurs ; qualités ;
3	Fait une description provisoire du sol prélevé ;
4	Met à jour le cahier journalier du déroulement du forage,
5	Implante les piézomètres, les tassomètres à la fin du sondage s'il sont prévues ;
6	Remet les caisses à carottes et une copie du cahier de forage au chargé d'étude ;

N° du poste : 11

Désignation : Le chef de service essais in -situ

Attribution : Réalisation des essais géotechniques in -- situ

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Résultats des essais géotechniques in -- situ

Tableau IV .13 – post du responsable des essais géophysiques

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne les demandes des essais géotechniques in – situ ;
2	Contrôle les opérateurs pour le bon déroulement des essais d'identifications in – situ à savoir le pénétromètre statique, le pénétromètre dynamique, le préssiomètre pour le respect des délais et de la qualités ;
3	Consulte la documentation spécialisée surtout les normes ;
4	Remet les résultats aux chef de département de laboratoire pour control et visas ;

N° du poste : 12

Désignation : Le chef de service essais d'identifications

Attribution : Réalisation des essais géotechniques d'identifications

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Résultats des essais géotechniques d'identifications

Tableau IV. 14 – post du responsable des essais identifications –

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne les demandes des essais géotechniques;
2	Contrôle les opérateurs pour le bon déroulement des essais d'identifications pour le respect des délais et de la qualité ;
3	Consulte la documentation spécialisée surtout les normes ;
4	Remet les résultats au chef de département de laboratoire pour control et visas ;

N° du poste : 13

Désignation : Le chef de service essais mécaniques

Attribution : Réalisation des essais géotechniques mécaniques

Moyen de communication : Courrier postal, téléphone, fax,

Résultats de production : Résultats des essais géotechniques mécaniques

Tableau IV .15 – post du responsable des essais mécaniques -

Tache N°	Taches accomplies par ce poste
1	Réceptionne les demandes de réalisations des essais mécaniques géotechniques qui sont : le triaxial, l'odomètre, la boite de cisaillement etc ;
2	Contrôle les opérateurs pour le bon déroulement des essais mécaniques pour le respect des délais et de la qualités ;
3	Consulte la documentation spécialisée surtout les normes ;
4	Remet les résultats aux chef de département de laboratoire pour contrôle et visas ;

IV.2.4 Etude des documents

La documentation de l'étude géotechnique est constituée de plusieurs dossiers:

dossier administratif

- un bon de commande envoyé par un fax, par télex ou par courrier postal ;
- une convention ou marché
- un devis estimatif du de l'étude géotechnique.

dossier laboratoire

Le dossier laboratoire comprend tous les documents relatives à la réalisation des essais à savoir:

- les demandes d'essais adressés aux chefs de laboratoires internes ou externes pour la réalisation des essais de laboratoires,
- les demandes d'essais adressés aux chefs de laboratoires internes ou externes pour d'essais in- situ,
- les demandes d'essais adressés aux chefs de laboratoires internes ou externes pour les travaux de sondages,
- les demandes d'essais adressés aux chefs de laboratoires internes ou externes pour des essais de géophysiques ou d'autres essais ;

dossier résultats d'essais

Le dossier résultats d'essais est composé de :

- les résultats d'essais de laboratoires ;
- les feuilles de mesures d'essais in-situ; (appelées minutes d'essais),
- les résultats d'essais in – situ .

Les plans

- les plans de masses de l'implantation du projet,
- les plans d'implantations des essais in - situ
- les plans d'implantations des sondages carottés ;

Le dossier rapport

Le dossier contient le brouillon de rapport; le rapport final et les rapports de la sous-traitance.

Les factures

- Les factures internes ou externes de prestations d'essais,
- La facture finale de l'étude géotechnique.

IV. 4 CONCLUSION

Ce diagnostic de l'étude de l'existant a mis en évidence la lourdeur dans la collecte, la recherche de l'information, qui induit une lourdeur dans le déroulement de l'étude géotechnique. La redondance de l'information, la même information est positionnée aux niveaux de plusieurs postes de travail et répétée dans plusieurs documents. Une grande masse de papier se trouvant soit dans les bureaux de techniciens ou du chargé d'étude, chose qui rend la recherche de l'information difficile et même le cadre de travail très déséquilibré. D'où la nécessité d'un nouveau système d'information en géotechnique.

CHAPITRE V

ELABORATION DU MODELE CONCEPTUEL DE LA BASE DE DONNEES GEOTECHNIQUES « GEO –BASE »

V.1. INTRODUCTION

Le modèle proposé est inspiré du flux d'information de l'étude géotechnique reflétant la démarche du travail du géotechnicien. Dans le présent chapitre sont décrits la méthode d'élaboration du modèle, la description des données, les relations, le formalisme utilisé et enfin la présentation du modèle avec son dictionnaire.

V.2. ELABORATION DU MODELE

V.2.1 Individus

Le modèle est construit à partir de l'étude de l'existant et du flux d'informations. La nature d'informations échangées entre les différents acteurs a guidé l'élaboration des relations entre individus. Ainsi le modèle est constitué des individus suivants :

- Individu "Dossier" rassemble toutes les propriétés relatives à la partie administrative et financière de l'étude.
- les individus tel "Client", "Projet" et "Site" rassemblent les informations techniques relatives à la descriptions et à la classification suite aux observations soit du géotechnicien, du géologue, du client.
- l'individu "échantillon" est relié directement par les essais de laboratoire au moyen de de prélèvement ou de sondage.
- les individus des essais de laboratoires d' identifications et des mécaniques rassemblent toute l'information technique et toutes les mesures des essais de laboratoire. Les individus des essais de laboratoire sont: " Essai de mesure de densité –teneur en eau Géotechnicien", « Essai de limites Atterberg », « Essai de cisaillement à la boite de Casagrande », « Essai oedométrique »,

- les individus des essais in -- situ rassemblent toute l'information technique et toutes les mesures. Les individus relatifs à ces essais sont " Essai au pénétromètre statique", « Essai au pénétromètre dynamique », « Essai préssiométrique »
- les individus relatifs au sondage et aux essais dans le sondage sont " Sondage carotté », « couche de sol » ,
- les essais géophysiques , les essais hydrauliques constituent une famille indépendante d'individus.

V.2.2 Modélisation des propriétés

Formalisme

Pour la description des propriétés des objets, il a été proposé le formalisme suivant :

A: Alphabétique

AN: Alphanumérique

D: Date

N: Numérique

Tab: Nombre de colonnes x Nombres de lignes (Tableau)

C: Courbe

Tx : Texte

Etablissement de fiches d'analyses

A partir des documents étudiés dans l'étude de l'existant des fiches d'analyses ont été établies par type document. Les documents du dossier administratifs, les demandes d'essais et les documents relatifs aux essais géotechniques.

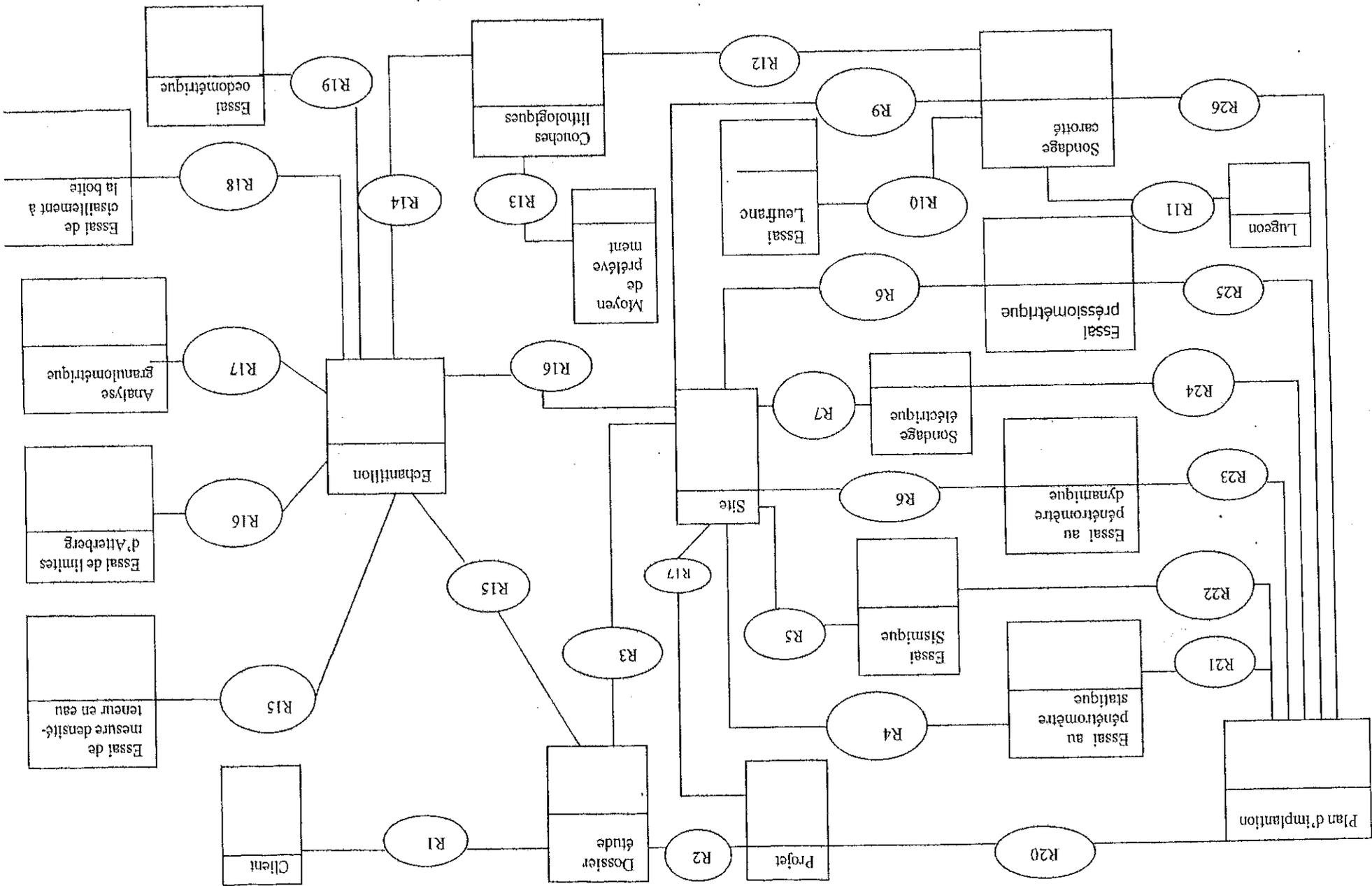
Les propriétés sont énumérées par ligne indiquant leurs natures relatives au formalisme défini c'est à dire (A, N ou AN) et leurs nombres caractères . Quelques exemples de fiches sont présentés.

Tableau V.1 Modélisations des propriétés de l'essai densité- Teneur en eau

Désignation	Type	Taille	Unité	Observation
Références du dossier				
Nom du laboratoire	A	30	Sans	
N° Dossier	A	25	Sans	
Intitulé du projet	AN	30	Sans	
Site	A	30	Sans	
Commune	A	30	Sans	
Wilaya	A	45	Sans	
Pays	A	25	Sans	
Nom du Géotechnicien	A	30	Sans	
Nom de l'opérateur	A	30	Sans	
REFERENCES NORMATTIVES				
Nom de l'organisme publiant la norme	A	30	Sans	
Date de publication	D	08	Sans	
N° de la norme	AN	10	Sans	
Caractéristiques de l'échantillon				
N° de sondage	AN	4	Sans	
Profondeur de l'échantillon N°1	AN	4	Sans	
Profondeur de l'échantillon N°2	AN	4	Sans	
Profondeur de l'échantillon N°3	AN	4	Sans	
Site	A	30	Sans	
Mode de prélèvement	T	90	Sans	
DEROULEMENT DE L'ESSAI				
Date de l'essai	D	08	Sans	
Poids de la tare N°1	N	05	Gramme	
Poids du sol N°1 + Poids de la tare N°1 (avant étuvage)	N	05	Gramme	
Poids du sol N°1 + Poids de la tare N°1 (après étuvage)	N	05	Gramme	
Poids de la tare N°2	N	05	Gramme	
Poids du sol N°2 + Poids de la tare N°2 (avant étuvage)	N	05	Gramme	
Poids du sol N°2 + Poids de la tare N°2 (après étuvage)	N	05	Gramme	
Poids de la tare N°3	N	05	Gramme	
Poids du sol N°3 + Poids de la tare	N	05	Gramme	

N°3 (avant étuvage)				
Poids du sol N°3 + Poids de la tare N°3 (après étuvage)	N	05	Gramme	
PARAMETRES MESURES A LA FIN DE L'ESSAI				
Densité sèche : γ_s	N	05	g/cm ³	
Densité humide : γ_h	N	05	g/cm ³	
Teneur en eau : W	N	05	%	
Degrés de saturation ; Sr	N	05	%	

Figure V.1 - Le modèle Conceptuel de la Base de données géotechniques



V.2.3 Relations

Tableau V.2 Les relations entre individus

N°	Désignations	Individus	Cardinalités
R1	Commande	Client Dossier étude	0, n 1,1
R2	Concerne	Dossier étude Projet	0,n 1,1
R3	Concerne	Dossier étude Site	1,1 1 ,n
R4	Réalise	Site Essai au pénétromètre statique	0, n 1 ,n
R5	Réalise	Site Essai sismique (géophysique)	0, n 1 ,n
R6	Réalise	Site Sondage électrique (géophysique)	0, n 1 ,n
R7	Réalise	Site Essai au pénétromètre dynamique	0, n 1 ,n
R8	Réalise	Site Essai préssiométrique	0, n 1 ,n
R10	Réalise	Sondage carotté Essai lefran	0, n 1 ,n
R11	Réalise	Sondage caroté Essai lugeon	0, n 1 ,n
R12	Prélève	Sondage carotté Couches lithologiques	0,n 1,1
R13	Prélève	Couches lithologiques Moyens de prélèvement	1,1 0,n
R14	Prélève	Couches lithologiques Echantillon	1,n 1,1
R14	Prélève	Couches lithologiques Echantillon	1,n 1,1
R15	Mesure	Echantillon Essai densité - teneur en eau	1,n 1,1
R16	Mesure	Echantillon Essai de limites Atterberg	1,1 1,1
R17	Réalise	Echantillon Analyse granulométrie	1,1 1,1
R18	Réalise	Echantillon Essai de cisaillement	1,1 1,1
R19	Réalise	Echantillon Essai oedométrique	1,1 1,1
R20	Implante	Projet Plan implantation	1,1 1,1
R21	Implante	Essai sismique Plan implantation	1,n 1,1
R22	Implante	Essai au pénétromètre dynamique Plan implantation	1,n 1,1
R23	Implante	Sondage électrique Plan implantation	1,n 1,1
R24	Implante	Essai au préssiomètre Plan implantation	1,n 1,1
R25	Implante	Sondage carotté Plan implantation	1,n 1,1

V.2.4 Dictionnaire de données

Le dictionnaire de données est un document de synthèse qui accompagne le modèle conceptuel. Il décrit la modélisation des propriétés de tous les individus du modèle.

Tableau V.3 Dictionnaire de données

PROPRETEES	TYPE	TAILLE	Unité	INDIVIDU
Nom	A	30	Sans	CLIENT
Adresse	AN	40	Sans	
Téléphone	N	12	Sans	
Fax	N	12	Sans	
DOSSIER D'ETUDE				
Nom du laboratoire géotechnique	A	30	Sans	DOSSIER D'ETUDE
Nom du responsable de laboratoire	AN	40	Sans	
Adresse du laboratoire	AN	40	Sans	
Certificat de qualification	AN	10	Sans	
N° de registre de commerce	AN	10	Sans	
N° de dossier interne	AN	8	Sans	
Ref devis estimatif	N	10	Sans	
Référence de la commande	AN	6	Sans	
La référence marché	AN	6	Sans	
Le N° du plan de masse	N	4	Sans	
Nom géotechnicien	A	30	Sans	
Expérience géotechnicien	N	2	Année	
Documentation technique				
Profil géotechnicien	A	10	Sans	
Rapport géotechnique	Doc	2000	Sans	
SITE				
Nom	A	30	Sans	SITE
Coordonnées Lambert (X) du site	N	6	mètre	
Coordonnées Lambert (Y) du site	N	6	Mètre	
Coordonnées Lambert (Z) du site	N	6	Mètre	
Topographie du site	TX	180	Sans	
Géologie du site	TX	180	Sans	

Hydrogéologie	TX	180	Sans	SITE
Sismicité	TX	180	Sans	
Etat de surface	TX	180	Sans	
Aléas naturels	TX	180	Sans	
N° carte géologique	N	3	Sans	
N° de carte topographique	N	3	Sans	
PROJET				
Nom du projet	AN	50	Sans	PROJET
Type du projet	A	30	Sans	
Commune	A	30	Sans	
Daira	A	30	Sans	
Wilaya	A	30	Sans	
Pays	A	30	Sans	
Programme de reconnaissance	Tab	10x15	Sans	
EHANTILLON				
N° échantillon	AN	4	Sans	EHANTILLON
Profondeur	N	4	mètres	
Description visuelle	Tx	90	Sans	
Date du prélèvement	D	8	J/m/Année	
Mode de prélèvement	Tx	90	Sans	
NORME				
N° de la norme	AN	8	Sans	NORME
Pays	A	10	Sans	
Nom de l'organisme publiant la norme	A	10	Sans	
DENSITE TENEUR EN EAU				
N° de l'échantillon	N	4		DENSITE TENEUR EN EAU
Date de l'essai	D	8		
N° de la tarre	N	3	SANS	
Poids de la tare N°	N	04	Grammes	
Poids du sol N° + Poids de la tare N° (avant étuvage)	N	04	Grammes	
Poids du sol N° + Poids de la tare N° (après étuvage)	N	04	Grammes	
Résultat Densité sèche : γ_s	N	04	T/m3	

Résultat de l'essai Densité humide : γ_h	N	04	T/m3	
Résultat de l'essai Densité humide : γ_h	N	4	%	
Résultat de l'essai Degrés de saturation : Sr	N	4	%	
ANALYSE GRANULOMETRIQUE				
Date de l'essai	D	8	sans	
Mode de réalisation de l'essai	Tx	10		
Poids total de l'échantillon	N	04	Grammes	
N° du tamis	N	04	Sans	
Diamètre du tamis N°	N	04	mm	
Poids des refus cumulés au tamis de N°	N	04	Grammes	
Refus cumulés au tamis de Diamètre N°	N	04	%	
Tableau de résultats: Diamètre des tamis N° X % des refus cumulés au tamis N°	Tab	10 col x 30lignes	Mm X %	
Courbe des résultats : Courbe granulométrie	C			
LIMITES ATTERBERG				
Date de l'essai	D	8	Sans	
N° de la boîte de Casagrande	N	4		
Poids de la tare N°	N	4	Gramme	
Poids du sol N° + Poids de la tare N° (avant étuvage)	N	4	Gramme	
Poids du sol N° + Poids de la tare N° (après étuvage)	N	4	Gramme	
Nombre de coups enregistrés sur l'échantillon N°	N	2	SANS	
Résultat : Limite de liquidité (Wl)	N	3	%	
Résultat : Limite de plasticité (Wp)	N	3	%	
ESSAI DE CISAILLEMENT				
Date de l'essai	D	8	Sans	
Degrés de saturation(Sr) de l'échantillon N ° avant l'essai	N	3	%	
Teneur (W) en eau de l'échantillon N° avant essai	N	3	%	
Densité humide (γ_h) de l'échantillon N° avant essai	04	4	T/Cm3	
Densité des grains solides de l'échantillon N°(γ_d) avant essai	C	Courbe		
Pression verticale appliquée sur l'échantillon N°	N	3	Bars	
Vitesse de cisaillement pour	N	3	Mm/mn	

l'échantillon N°				
Déformation tous les 0.25 mm de l'échantillon N°	N	4	Mm	ESSAI DE CISAILLEMENT
Lecture anneau tous les 0.25 mm de l'échantillon N°	N	4	%	
Résultat : La cohésion de sol (C) de l'essai N°	N	4	Bars	
Résultat: L' angle de frottement (ϕ) du sol de l'essai N°	N	4	Degrés	
Etat de l'échantillon N° à la fin de l'essai	Tx	90	Sans	
Teneur en eau de l'échantillon N° à la fin de l'essai	N	3	%	
Densité humide de l'échantillon N° à la fin de l'essai (γ_h)	N	4	%	
Densité des grains solides de l'échantillon N°(γ_d) à la fin de l'essai	N	3	%	
La courbe finale des résultats	C	Courbe		
La courbe des résultats N° de l'échantillon N°	C	Courbe		
N° de l'essai	N	3		ESSAI OEDOMETRIQUE
N° de l'appareil Oedométrique	AN	05	Sans	
Section de l'appareil	N	04	Sans	
Poids des grains solides (γ_s) avant essai	N	04	%	
Densité humide de (γ_h) échantillon avant essai	N	04	T/cm3	
Tableau de lectures	Tab	51 *7c		
Date et heure du début de l'essai	D	10		
Date et heure de fin de l'essai	D	10		
Résultat Cc : Coefficient de consolidation	N	3	%	
Densité humide (γ_h) de l'échantillon à la fin d'essai)	N	05	T/cm3	
σ'_c Contrainte de préconsolidation	N	4	Bars	

N° de l'essai	N	3	Sans	ESSAI PRESSIOMETRIQUE	
N° de sondage dans lequel a été réalisé l'essai	AN	4	Sans		
profondeur de l'essai par rapport au sommet du sondage	N	4	Mètre		
la distance entre le sommet du forage et le niveau de prise de pression	N	4	Mètre		
Date du début de forage	D	8	Sans		
Date de la fin du forage	D	8	Sans		
N° et référence du plan d'implantation du sondage	N	4	Sans		
Coordonnées planimétriques (X) du sondage	N	4	Mètre		
Coordonnées planimétriques (Y) du sondage	N	4	Mètre		
Cote altimétrique du sol /système de repérage (Z) du sondage	N	4	Mètre		
Niveau d'eau	N	4	Mètre		
Niveau de la nappe	N	4	Mètres		
Méthode de forage	Tx	10	Sans		
référence de la sonde	N	10	Sans		ESSAI PRESSIOMETRIQUE
nom du fabricant de la sonde	A	30	Sans		
référence du contrôleur pression-volume	N	10	Sans		
nom du fabricant du contrôleur pression-volume	A	30	Sans		
étalonnage du contrôleur pression-volume	Document				
la valeur du coefficient (a) de dilatation des tubulures et de l'appareillage	N	4	Sans		
étalonnage correspondant à la résistance propre de la membrane	C	C	Sans		
volume Vs	N	4	Cm3		
module pressiométrique	N	4			
pression limite nette	N	4	Bars		
pression de fluage	N	4	Bars		
pression de fluage nette	N	4	Bars		
Tableau de mesures :pression appliquée au sol,xvolume du liquide injecté	Tab	2 Colonne x 20Lignes			
Nom de l'organisme qui a effectué l'essai	A	30	SANS	PENETROMETRE STATIQUE	
Date de l'essai	D	8			

N° de l'essai	N	3		PENETROMETRE STATIQUE
N° et référence du plan d'implantation	N	3		
Coordonnées planimétriques	N	3	Mètre	
Cote altimétrique du sol /système de repérage	N	3	Mètre	
Niveau d'eau juste après arrachage des tiges	N	3	Mètre	
Niveau de la nappe	N	3	Mètre	
La profondeur d'un éboulement du trou de pénétration	N	3	Mètre	
Observations au cours de l'essai(04 lignes)	TX	90		
Résultats présentés sous forme de graphe	C			
Nom de l'organisme qui a effectué l'essai	N	30	Sans	PENETROMETRE DYNAMIQUE
N° dossier	N	25		
Date de l'essai	D	8		
Hauteur de chute libre du mouton	N	3	Mètre	
Section droite de la pointe enfoncement par coup /10cm	N	3	CM2	
masse de la tige guide+enclume	N	3	KG	
N° de l'essai	N	3		
N° et référence du plan d'implantation	N	3	SANS	
Coordonnées planimétriques (X)	N	3	mètre	
Coordonnées planimétriques (Y)	N	3	mètre	
Cote altimétrique du sol /système de repérage (Z)	N	3	mètre	
Niveau de la nappe	N	3	mètre	
La profondeur d'un éboulement du trou de pénétration après arrachage des tiges	N	3	mètre	
longueur des tiges	N	3	Mètre	
masse du porte pointe	N	3	Kg	
masse de la pointe	N	3	Kg	
masse d'une tige	N	3	Kg	
masse de l'enclume	N	3	Kg	
La masse du mouton utilisée en fonction de la profondeur	N	3	Kg	
Observations au cours de l'essai	T	90		
Résultats présentés sous forme de graphe	C		mètre	
Prof du refus	N	3	mètre	
Nom de l'organisme effectuant le sondage	A	30	Sans	SONDAGE CAROTTE
N° de la sondeuse	AN	4		

N° de la pompe	AN	4		SONDAGE CAROTTE
N° de l'équipe	N	3		
N° du plan d'implantation des sondages	N	3		
Coordonnées X du point de sondage	N	3	Mètre	
Coordonnées Y du point de sondage	N	3	Mètre	
Coordonnées Z du point de sondage	N	3	Mètre	
Profondeur de la carotte N°	N	3	Mètre	
Carotte N°	N	3		
Description Terrains traversés de la carotte N°	Tx	90		
Outils employés	Tx	10		
Essai réalisé dans le sondage	Tab	3Cx2li		
Caisse à carotte N°	N	3		
Date et heure du début de forage	D	08		
Niveau d'eau au début du forage	N	3	Mètre	
Nombre de mètre de tubage dans le sondage N°	N	3	Mètre	
Perte d'eau totale	N	3	%	
Nombre d'échantillons paraffinés	N	SANS		
Nombre d'échantillons intacts	N	Sans		
Nombre de mètre foré	N	3	Mètre	
Instrumentations	TX	90	Sans	
Pose de piézomètre	TX	15	SANS	
Composition de la garniture de la couronne	TX		SANS	
Date et heure de la fin de forage	D	010		
N° de la couche	N	3	Sans	COUCHE LITHOLOGIQUE
Profondeur du haut de la couche N°	N	4	Mètre	
Profondeur du Bas de la couche N°	N	4	Mètre	
Moyens de prélèvement de la couche N°	Tx	90	Sans	
Description visuelle de la couche N°	Tx	90	Sans	
Date de prélèvement de la couche	D	8	Sans	
Nombre d'échantillon dans la couche destinées pour essai de laboratoire	N	3	Sans	
Programme d'essai à effectuer	Tab	10col x 30lig		

Nom de l'entreprise réalisant l'essai	A	30	Sans	SONDAGE ELECRTIQUE
Code de l'entreprise réalisant l'essai	AN	3	Sans	
Nom de l'opérateur	N	30	Sans	
Nombre de profils électriques	N	02	Sans	
N° du voltamètre	N	02	Sans	
N° de l'ampèremètre	N	02	Sans	
Tableau de lecture	Tableau	04 col x 50 li		SONDAGE ELECRTIQUE
N° des deux points	N	3	Sans	
La valeur du courant électrique injecté)	N	4	Sans	
La valeur du potentiel(Volts)	N	4	A l' unité	
Coordonnées des points de mesures(mètres)	N	4	Sans	
N° du dossier géotechnique	AN	06	Sans	
Site	A	25		
Intitulé du projet	AN	40	Sans	
N° du projet	N	10	Sans	
Date de l'essai	D	8	J/Mois/An née	
Nom de l'entreprise réalisant l'essai	N	30	Sans	SISMIQUE REFRACTION
Code de l'entreprise réalisant l'essai	N	3	Sans	
Nom de l'opérateur	A	30	Sans	
Nombre d'essais	N	3	Sans	
N° du géophone	AN	3		
N° du sismographe	AN	3	Sans	
coordonnées des points de mesures	N	4	Mètre	
Le temps de propagation de l'onde (secondes)	n	4	seconde	
La valeur de la distance entre les sondages (mètres)	N	4	Mètre	
N° du sondage réceptionnant le choc	N	3	sans	
N° du sondage émeteur du choc	N	3	sans	
N° du géophone tridimensionel	N	3	sans	
N° essai				ESSAI LEFRANC
Date de l'essai	D	8	J/Mois/An née	
Le niveau d'équilibre statique de la nappe au repos	N	5	Mètres	

La profondeur initial de l'eau dans le forage	N	5	Mètres	ESSAI LEFRANC
Nature du sol de la cavité	A	40		
Profondeur du niveau bas de la cavité	N	5	Mètres	
Profondeur du niveau haut de la cavité	N	5	Mètres	
Diamètre du forage	N	5	MM	
Q(t) débit	N	5	MPA	
He1 [palier]	N	5	m	
He 2(m) palier	N	5	m	
Date de l'essai	D	7	J/Mois/Anné	ESSAI LUGEON
Le niveau d'équilibre statique de la nappe au repos	N	5	Mètre	
Profondeur du niveau haut de la cavité	N	5	Mètre	
Nature du sol de la cavité	A	40		
Profondeur du niveau haut de la cavité	N	5	Mètre	
Pression appliquée dans l'obturateur	N	4	Bars	
Diamètre du forage	N	4	Mm	
Longueur de l'obturateur	N	4	Mètre	
Pression d'injection	n	4	MPA	
He palier]	N	4	(m)	
Temps (min)	n	4	Min	
Volume injecté	n	4	cm3	
N° du plan	N	3		PLAN D'IMPLANTATION
Type d'essais	Tx	90		
Echelle du plan	M	4		
Légende utilisé	Tx	10		
Intitulé du plan	AN	50		

N° Pelle mécanique	AN	4		MOYENS DE PRELEVEMENTS
Prélèvement manuelle				
N Sondeuse	AN	4		
N° Tarière	AN	4		
Date et heure du début de l'essai	D	10		ESSAI S. P. T
Niveau d'eau au début du forage	N	4	Mètre	
N° essai SPT	AN	3		
Coordonnées X de l'essai	N	4	Mètre	
Coordonnées Y de l'essai	N	4	Mètre	
Coordonnées Z de l'essai	N	4	Mètre	
La valeur de N1	N	2		
La valeur de N2	N	2		
description du sol concerné par l'essai SPT	Tx	180		
Masse de l'enclume+guidage	N	4	Kg	
Masse d'une tige	N	4	Kg	

V.3. APPLICATION DU LOGICIEL Access97/2000

Access est un logiciel utilisant le modèle relationnel. Sous Access la base de donnée est composée d'un ensemble de tables et un langage de programmation. Les tables sont une collection d'informations structurées en enregistrements (lignes) et en champs (colonnes).

Le langage de programmation qui est le visual basic permet de développer des applications. Des codes du langage S.Q.L peuvent aussi être associé dans ses applications.

Access utilise le plus possible des commandes interactives et graphiques, il simplifie et conseille l'utilisateur lors de la création de son application. Les taches les plus courantes se font en utilisant la souris (glisser-déplacer) . Lors de la création d'une base de données Access est muni d'assistant soit aux niveau de la création de tables, de formulaires ou de relations.

Après avoir défini les principaux objets exemple « Client », « Essai » dans lesquelles les informations sont regroupés. Chaque sujet définira une table de la base de données. Les tables d'informations constituent la matière première d'Access.

Un des champs est caractérisé par une clé primaire qui permet d'identifier de façon unique chaque enregistrement pour permettre ensuite le regroupement rapide de données provenant de plusieurs tables. Access n'acceptera aucun doublon dans ce champ.

La réalisation passe par la mise en œuvre de des différents processus de menus, des commandes et d'autres fonctionnalités.

Une application la base de données géotechnique est faite par Access.

V.4. CONCLUSION

La structuration des données de bases qui est basé sur la mesure directe des paramètres de essais géotechniques. La réalisation des autres modèles de MERISE peut se faire dans le cadre d'autres travaux futurs pour valider et corriger le modèle conçue. Une réalisation technique peut se faire aisement en de basant sur le présent modèle conceptuel.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Les informations échangées d'une étude géotechnique sont très diversifiées, la mise en place d'une base de données géotechnique est très délicate, l'analyse bibliographique des bases de données et des bases de données géotechniques nous a permis de mettre en place une méthodologie d'analyse pour l'élaboration du modèle conceptuel. Ce modèle qui présente le noyau d'un système intégré en géotechnique peut constituer une plate-forme pour le développement de la recherche en géotechnique en intégrant divers codes de calcul numérique pour les différents types de sols et les différents mode de fondations. La phase de réalisation d'un tel logiciel pourra être le fruit d'un travail d'équipes pluridisciplinaires entre experts géotechniciens et spécialistes en systèmes d'informations en Algérie.

Le but du système d'information géotechnique est aussi d'informatiser tous les postes de travail de géotechnique à partir du poste de l'opérateur jusqu'au poste de l'ingénieur; de façon à stocker l'information relative à la mesure d'une part et faciliter l'interprétation des résultats dans un contexte normatif universel d'autres part en utilisant par exemple une bibliothèque hypertexte de normes (un rangement de toutes les normes universel de géotechnique sera inséré dans le système de gestion du système d'information). Cette intégration du système d'information dans les postes de travail permet de systématiser, de sécuriser et de fiabiliser le stockage et l'accès aux informations. L'encadrement technique peut suivre l'avancement des études et apporter les corrections nécessaire sans attendre la fin de l'étude.

Le système d'information permet le suivi financier des études géotechniques au fure et à mesure. La facturation des honoraires de prestations géotechniques se fera automatiquement et donc de façon rigoureuse avec l'intégration d'un module de suivi financier et de facturation.

Enfin ce système pourrait servir comme outil d'aide à la construction de nouveaux modèles de comportement des sols grâce à des études statistiques sur les données stockées. On pourra aussi utiliser la base de données pour le calage et la validation de nouveaux modèles.

Le développement de tel système informatique devrait permettre de produire un outil directement utilisable par les ingénieurs des laboratoires géotechnique.

La disponibilité d'une base de données géotechniques associée à l'abondance de l'équipement informatique permet de disposer avec une grande simplicité des cartes géotechniques, des cartes de zonning et des cartes à risques prescrites d'aider dans les études d'aménagements.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR, FNBTP, DAEL, (1986) : « *La réglementation française et étrangère en géotechnique* », actes des journées d'étude organisées les 16 et 17 Décembre 1986 par l'école nationale des ponts et chaussées.

AFNOR., (1995) : « *Géotechnique – Essais sur ouvrages géotechniques, Dimensionnement, Exécution, Tome 2* », Association Française de normalisation, Recueil de normes Françaises.

AFNOR. (1995) : « *Géotechnique – Essais de reconnaissance des sol – Tome1* », Association Française de normalisation, Recueil de normes Françaises.

AKOKA, J., (1984) : « *Les systèmes de gestion de bases de données* », Editions Eyrolles

AL – HAJJAR J., BOULEMIA C, (1992) : « *Couplage d'un logiciel d'évaluation des fondations à une base de données relationnelle pour le sol* », pp.633-640, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1er octobre 1992.

BEGAR A. , (2001) : « *Conception d'un système d'information pour le suivi de l'activité forage et sondage* », Thèse de Magistère, Ecole Nationale Polytechnique, Département Génie Minier.

BENOIT J., DE ALBA P.A., SAWYER S.M., CRAIG P., (1992) : « *Un logiciel de base de données pour les sites d'essais en géotechnique aux Etats Unis d'Amérique* », pp 649-656, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1er octobre 1992.

BENTABET A., EEG SIMECSOL, (2001) : « *Développement d'un système d'information géographique* », pp 122-132, Actes du 3^{ème} Congrès Algérien de la route, Alger 17-19octobre2001.

CHRISMENT C., LUGUET J., PUJOLLE G., ZURFLUH G., (1991) : « *Bases de données relationnelles* », pp.1-14, Techniques de l'Ingénieur, Traité informatique.

DANIEL M., (1981) : « *Méthodes pratiques sur maxi et mini – ordinateur* », Editions Dunod informatique.

DEBICHE F., BELKACEMI S, (2001) : « *Architecture d'une base de données géotechniques* », pp.91-97, Actes du 3^{ème} Congrès Algérien de la route, Alger 17-19octobre2001.

DURVILLE J.L, LACUBE J, (1992) : « *Développement d'un fichier informatique sur les mouvements de terrain* », pp.657-664, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1er octobre 1992.

FAVRE J.L., HERITER B, MECHALSKI R, (1992) : « *MODELISOL Banque d'essais de référence pour l'Ingénierie de demain* », pp. 665-676, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1^{er} octobre 1992.

FROST J.D., LUNA R, (1992) : « *Systèmes d'Informations Géographique et géotechnique* », pp.677-684, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1er octobre 1992.

GARDARIN, G., (1993) : « *Maîtriser les bases de données* », collection: Architecture des systèmes d'informations.

GARDARIN, G., (1984) : « *Bases de données - Les systèmes et leurs langages* », collection: Architecture des systèmes d'informations.

GILES D.P., (1992) : « *Le poste de travail géotechnique avec ordinateur - Lien entre la base de données géotechniques et le système d'information géographique* », pp 685-690, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1^{er} octobre 1992.

GREENWOOD J.R., (1992) : « *Collecte, Transfert, Stockages et présentations des données d'étude de sol* », pp.691-698, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1^{er} octobre 1992.

LESSARD G., DUCROT C., SUOLIE M., (1992) : « *Logiciel intégré pour la gestion des données géotechniques* », pp. 715-698, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1^{er} octobre 1992.

LOUNI, H., (1993) : « *Developpement d'un système expert d'aide à la définition d'un programme de reconnaissances pour les projets de tunnels* », pp 321-326, Revue tunnels et ouvrages souterrain – N°120 – Novembre – Décembre 1993.

MARCHAND L., MONJOIE A., POLO – CHIAPOLINI C., SHROEDER C., (1992) : « *Une banque de données géologiques pour la structure du sous-sol* », pp. 725-732, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1^{er} octobre 1992.

MESTAT P., (2001) : « *MOMIS : Une base de données sur la modélisation numérique des remblais sur sols compressibles et sur la confrontation calculs – mesures in situ* », pp.43-58, bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussés – 232 – Mai – Juin 2001.

Moula, M., Toll, D., Vaptismas, N., (1995) : « *Knowledge –based systems in geotechnical* », Geotechnique 45, N°2, pp. 209-221.

Pham Thun Quan et al., (1989) : « *Conception des systèmes d'informations; Méthodes et outils; Merise appliquée* ». Editions Chihab – Eyrolles

PIERRE M. (1997) : « *La géotechnique principes et pratiques* », Edition Masson.

STATEN P.M., Scott Wilson kirkpatrick, UK, CARONNA S., (1992) : « *Gestion des données géotechniques d'un vaste programme routier en Grande –Bretagne* », pp. 741-748, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1^{er} octobre 1992.

T.W OLLÉ et al., (1990) : « *Méthodologie pour les systèmes d'information* », Editions Dunod informatique.

THREADGOLD L., HURCHISON R.J., (1992) : « *Transmission électronique de données géotechniques à partir d'études de sol* », pp. 749-756, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 septembre, 1^{er} octobre 1992.

Toll, D.G., Olliver, A., (1993) : SIGMA : « *A knowledge-based system for the interpretation of geotechnical information* », Proc. of conference on informing technologies for construction civil engineering and transport, pp. 245-254, London, Brunel University & Science and Engineering Council.

ZADINOVA V., JANOVA J., SOKOL A., PUDIS, (1992) : « *Le système d'information GEO* », pp. 757-762, Actes du colloque organisé par l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Paris, 29 – 30 Septembre, 1^{er} octobre 1992.

ANNEXES

ANNEXE1 : Modélisations des propriétés des essais identifications

ANNEXE2 : Modélisations des propriétés des essais mécaniques

ANNEXE 1 : Modélisations des propriétés des essais géotechniques d'identifications de laboratoire

A1 - Désignation : Essai de Densité- Teneur en eau

Désignation	Type	Taille	Unité	Observation
Références du dossier				
Nom du laboratoire	A	30	Sans	
N° Dossier	A	25	Sans	
Intitulé du projet	AN	30	Sans	
Site	A	30	Sans	
Commune	A	30	Sans	
Wilaya	A	45	Sans	
Pays	A	25	Sans	
Nom du Géotechnicien	A	30	Sans	
Nom de l'opérateur	A	30	Sans	
REFERENCES				
NORMATIVES				
Nom de l'organisme publiant la norme	A	30	Sans	
Date de publication	D	08	Sans	
N° de la norme	AN	10	Sans	
Caractéristiques de l'échantillon				
N° de sondage	AN	4	Sans	
Profondeur de l'échantillon N°1	AN	4	Sans	
Profondeur de l'échantillon N°2	AN	4	Sans	
Profondeur de l'échantillon N°3	AN	4	Sans	
Site	A	30	Sans	

Mode de prélèvement	T	90	Sans	
DEROULEMENT DE L'ESSAI				
Date de l'essai	D	08	Sans	
Poids de la tare N°1	N	05	Gramme	
Poids du sol N°1 + Poids de la tare N°1 (avant étuvage)	N	05	Gramme	
Poids du sol N°1 + Poids de la tare N°1 (après étuvage)	N	05	Gramme	
Poids de la tare N°2	N	05	Gramme	
Poids du sol N°2 + Poids de la tare N°2 (avant étuvage)	N	05	Gramme	
Poids du sol N°2 + Poids de la tare N°2 (après étuvage)	N	05	Gramme	
Poids de la tare N°3	N	05	Gramme	
Poids du sol N°3 + Poids de la tare N°3 (avant étuvage)	N	05	Gramme	
Poids du sol N°3 + Poids de la tare N°3 (après étuvage)	N	05	Gramme	
PARAMETRES MESURES A LA FIN DE L'ESSAI				
Densité sèche : γ_s	N	05	g/cm ³	
Densité humide : γ_h	N	05	g/cm ³	
Teneur en eau : W	N	05	%	
Degrés de saturation ; Sr	N	05	%	

A2- Désignation : Analyse Granulométrie

Désignation	Type	Taille	Unité	Observation
Références du dossier				
Nom du laboratoire	A	30	Sans	
N° Dossier	A	25	Sans	

Intitulé du projet	AN	30	Sans	
Site	A	30	Sans	
Commune	A	30	Sans	
Wilaya	A	45	Sans	
Pays	A	25	Sans	
Nom du Géotechnicien	A	30	Sans	
Nom de l'opérateur	A	30	Sans	
REFERENCES				
NORMATIVES				
Nom de l'organisme publiant la norme	A	30	Sans	
Date de publication	D	08	Sans	
N° de la norme	AN	10	Sans	
Caractéristiques de l'échantillon				
N° de sondage	AN	4	Sans	
Profondeur de l'échantillon	AN	4	mètre	
Site	A	30	Sans	
Mode de prélèvement	T	90	Sans	
DEROULEMENT DE L'ESSAI				
Date de l'essai	D	08	Sans	
Mode de réalisation de l'essai	A	09	Sans	
Poids total de l'échantillon	N	05	Gramme	
Poids des refus cumulés au tamis de 5 mm	N	05	Gramme	
Refus cumulés au tamis de 5 mm en %	N	02	%	
Poids des refus cumulés au tamis de 2 mm	N	05	Gramme	
Refus cumulés au tamis de 2 mm en %	N	02	%	
Poids des refus cumulés au tamis de 1 mm	N	05	Gramme	
Refus cumulés au tamis de 1 mm en %	N	02	%	

Poids des refus cumulés au tamis de 0,4 mm	N	02	Gramme	
Refus cumulés au tamis de 0,4 mm en %	N	02	%	
Poids des refus cumulés au tamis de 0,2 mm	N	05	Gramme	
Refus cumulés au tamis de 0,2 mm en %	N	02	%	
Poids des refus cumulés au tamis de 0,1 mm	N	05	Gramme	
Refus cumulés au tamis de 0,1 mm en %	N	02	%	
Paramètres mesurés à la fin de l'essai				
Tableau de résultats :	T	7l*4c	%	
Courbe granulométrie	C			

A3 - Désignation : Limites d' Atterberg

Désignation	Type	Taille	Unité	Observation
Références du dossier				
Nom du laboratoire	A	30	Sans	
N° Dossier	A	25	Sans	
Intitulé du projet	AN	30	Sans	
Site	A	30	Sans	
Commune	A	30	Sans	
Wilaya	A	45	Sans	
Pays	A	25	Sans	
Nom du Géotechnicien	A	30	Sans	
Nom de l'opérateur	A	30	Sans	
REFERENCES				

NORMATIVES				
Nom de l'organisme publiant la norme	A	30	Sans	
Date de publication	D	08	Sans	
N° de la norme	AN	10	Sans	
Caractéristiques de l'échantillon				
N° de sondage	AN	4	Sans	
Profondeur de l'échantillon	AN	4	mètre	
Site	A	30		
Mode de prélèvement	T	90	Sans	
DEROULEMENT DE L'ESSAI				
Date de l'essai	D	08	Sans	
Poids de la tare N°1	N	05	Gramme	
Poids du sol N°1 + Poids de la tare N°1 (avant étuvage)	N	05	Gramme	
Poids du sol N°1 + Poids de la tare N°1 (après étuvage)	N	05	Gramme	
Nombre de coups enregistrés sur l'échantillon N°1	N	02	Unité	
Poids de la tare N°2	N	05	Gramme	
Poids du sol N°2 + Poids de la tare N°2 (avant étuvage)	N	05	Gramme	
Poids du sol N°2 + Poids de la tare N°2 (après étuvage)	N	05	Gramme	
Nombre de coup enregistré sur l'échantillon N°2	N	02	Unité	
Poids de la tare N°3	N	05	Gramme	
Poids du sol N°3 + Poids de la tare N°3 (avant étuvage)	N	05	Gramme	
Poids du sol N°3 + Poids de la tare N°3 (après étuvage)	N	05	Gramme	

Nombre de coup enregistré sur N 02 Sans				
l'échantillon N°3				
PARAMETRES MESURES A				
LA FIN DE L'ESSAI				
Limite de Plasticité :Lp	N	05	%	
Limite de liquidité :WL				

ANNEXE 2: Modélisations des propriétés des essais mécaniques de laboratoire

A2- 1: Essai de cisaillement à la boîte

Désignation	Type	Taille	Unité	Observation
Références du dossier				
Nom du laboratoire	A	30	Sans	
N° Dossier	A	25	Sans	
Intitulé du projet	AN	30	Sans	
Site	A	30	Sans	
Commune	A	30	Sans	
Wilaya	A	45	Sans	
Pays	A	25	Sans	
Nom du Géotechnicien	A	30	Sans	
Nom de l'opérateur	A	30	Sans	
Références normatives				
Nom de l'organisme publiant la norme	A	30	Sans	
Date de publication	D	08	Sans	
N° de la norme	AN	10	Sans	
Cactéristiques de l'échantillon				
N° de sondage	AN		4	Sans
Profondeur de prélèvement	AN		4	mètre
Etat des 03 éprouvettes	A	9		Sans Intacte Remaniée Compactée
Site	A		30	
Nature des sols	T		45	
Mode de prélèvement	T		90	Sans
REFERENCES DE L'APAREILLAGE				

N° de la boîte de cisaillement	AN	05	Sans	
Coefficient de l'anneau	N	04	Sans	
N° de l'anneau	N	04	Sans	
Caractéristiques d'identifications des 03 éprouvettes avant l'essai				
Teneur en eau de l'échantillon N°1 avant essai	N	05	%	
Teneur en eau de l'échantillon N°2 avant essai	N	05	%	
Teneur en eau de l'échantillon N°3 avant essai	N	05	%	
Densité humide de l'échantillon N°1 avant essai (γ_h)	N	05	G/cm ³	
Densité humide de l'échantillon N°2 avant essai (γ_h)	N	05	G/cm ³	
Densité humide de l'échantillon N°3 avant essai(γ_h)	N	05	G/cm ³	
Densité des grains solides de l'échantillon N°1 avant essai (γ_d)	N	05	G/cm ³	
Densité des grains solides de l'échantillon N°2 avant essai (γ_d)	N	05	G/cm ³	
Densité des grains solides de l'échantillon N°3 avant essai (γ_d)	N	05	G/cm ³	
Degrés de saturation de l'échantillon avant essai N°1 (Sr)	N	05	%	

Degrés de saturation de l'échantillon avant essai N°2 (Sr)	N	05	%	
Degrés de saturation de l'échantillon N°3 (Sr) avant essai	N	05	%	
DEROULEMENT DE L'ESSAI				
Date et heure du début de l'essai	D	10		
1- La phase de la consolidation				
Charge vertical *Tassement ou gonflement	T	2L*1 0		
Durée de la consolidation	N	03		
La Force appliquée	N	03	Kg	
2- Phase de cisaillement				
Pression verticale appliquée sur l'échantillon N°1	N	02	bars	
Vitesse de cisaillement l'échantillon N°1	N	01	Mm/mn	Echantillon N 1
Déformation à 0.25 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 0.50mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 0.75 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 1 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1

Déformation à 1.25 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 1.50 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 0.75 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 2 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 2.25 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 2.50 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 2.75 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Déformation à 3 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Déformation à 3.25 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Déformation à 3.50 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Déformation à 3.75 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon s N 1

Déformation à 4 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Déformation à 4.25 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Déformation à 4.50 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Déformation à 4.75 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Déformation à 5 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 0.25 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 0.50mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 0.75 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 1 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 1.25 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 1.50 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1

Lecture anneau à 0.75 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 2 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 2.25 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 2.50 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 2.75 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon s N 1
Lecture anneau à 3 mm de l'échantillon N°1	N	04	%	Echantillon N 1
Lecture anneau à 3.25 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 3.50 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 3.75 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon s N 1
Lecture anneau à 4 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 4.25 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1

Lecture anneau à 4.50 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 4.75 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Lecture anneau à 5 mm de l'échantillon N°1	N	04		Echantillon N 1
Pression verticale appliquée sur L'échantillon N°2	N	04	bars	
Vitesse de cisaillement sur L'échantillon N°2	N	01	mm/mn	Echantillons N 2
Déformation à 0.25 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 0.50mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 0.75 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 1 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 1.25 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 1.50 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 0.75 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 2 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 2.25 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 2.50 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2

Déformation à 2.75 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 3 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 3.25 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 3.50 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 3.75 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 4 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 4.25 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 4.50 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 4.75 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Déformation à 5 mm sur L'échantillon N°2	N	04	%	Echantillon N 2
Pression verticale appliquée sur L'échantillon N°3	N	04	bars	
Vitesse de cisaillement de l'échantillon N°3	N	01	Mm/mn	Echantillon N 3
Lecture anneau à 0.25 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon N 3
Lecture anneau à 0.50mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon N 3
Lecture anneau à 0.75 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon N 3
Lecture anneau à 1 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon N 3
Lecture anneau à 1.25 mm de	N	04	%	Echantillon

l'échantillon N°3				s N 3
Lecture anneau à 1.50 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 0.75 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 2 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 2.25 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 2.50 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 2.75 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 3 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 3.25 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 3.50 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 3.75 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 4 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 4.25 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 4.50 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 4.75 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Lecture anneau à 5 mm de l'échantillon N°3	N	04	%	Echantillon s N 3
Caractéristiques				

d'identifications des 03 éprouvettes à la fin de l'essai				
Teneur en eau de l'échantillon N°1 à la fin de l'essai	N	05	%	
Teneur en eau de l'échantillon N°2 à la fin de l'essai	N	05	%	
Teneur en eau de l'échantillon N°3 à la fin de l'essai	N	05	%	
Densité humide de l'échantillon N°1 à la fin de l'essai (γ_h)	N	05	G/cm ³	
Densité humide de l'échantillon N°2 à la fin de l'essai (γ_h)	N	05	G/cm ³	
Densité humide de l'échantillon N°3 à la fin de l'essai (γ_h)	N	05	G/cm ³	
Densité des grains solides de l'échantillon N°1(γ_d) à la fin de l'essai	N	05	G/cm ³	
Densité des grains solides de l'échantillon N°2(γ_d) à la fin de l'essai	N	05	G/cm ³	
Densité des grains solides de l'échantillon N°3 (γ_d) à la fin de l'essai	N	05	G/cm ³	
Degrés de saturation de l'échantillon N°1 (Sr) à la fin de l'essai	N	05	%	
Degrés de saturation de l'échantillon N°2 (Sr) à la fin de l'essai	N	05	%	

Degrés de saturation de l'échantillon N°3 (Sr) à la fin de l'essai	N	05	%	
Présentation des résultats				
1-Tableau de résultats de l'essai de cisaillement	T	4l*4c		
Pression verticale (1 ^{ère} ligne)	N	02	bars	
Déformation (2 ^{ème} ligne)	N	04	%	
Section corrigée (3 ^{ème} ligne)	N	05	Cm2	
Force N = lecture anneau* coefficient anneau (4 ^{ème} ligne)	N	04	Kg F	
Les valeurs optimales du cisaillement (τ)	N	05	bars	
2-Courbes				
Paramètres mesurés à la fin de l'essai				
La cohésion de sol (C)	N	04	bars	
L'angle de frottement du sol (φ)	N	02	Degrés	

A2- 2 - Essai de Compressibilité Oedométrique

Désignation	Type	Taille	Unité	Observation
Références du dossier				
Nom du laboratoire	A	30	Sans	
N° Dossier	A	25	Sans	
Intitulé du projet	AN	30	Sans	
Site	A	30	Sans	
Commune	A	30	Sans	
Wilaya	A	45	Sans	
Pays	A	25	Sans	
Nom du Géotechnicien	A	30	Sans	
Nom de l'opérateur	A	30	Sans	
Références normatives				
Nom de l'organisme publiant la norme	A	30	Sans	
Date de publication	D	08	Sans	
N° de la norme	AN	10	Sans	
Caractéristiques de l'échantillon				
N° de sondage		AN	4	Sans
Profondeur de l'échantillon		AN	4	mètre
Site		A	30	
Nature des sols				
Mode de prélèvement		T	90	Sans
REFERENCES DE L'APAREILLAGE				
N° de l'appareil Oedométrique		AN	05	Sans
Section de l'appareil		N	04	Sans
N° du perméamètre		N	04	Sans
Caractéristiques d'identifications de l'éprouvette avant l'essai				
Teneur en eau de l'échantillon (w%)		N	05	%

Poids des grains solides (γ_s)	N	05	%	
Densité humide de l'échantillon (γ_h)	N	05	G/cm ³	
DEROULEMENT DE L'ESSAI				
Date et heure du début de l'essai	D	10		
Tableau de lectures	T	51 *7c		
1 ^{ère} colonne (Jour)	D	08		
2 ^{ème} colonne (Heure)	N	04		
3 ^{ème} colonne (AT)				
4 ^{ème} colonne :Pression verticale appliquée (P)	N	02		
5 ^{ème} colonne :Lecture au comparateur Gauche	N	04		
6 ^{ème} colonne :Lecture au comparateur Droite	N	04		
7 ^{ème} colonne :Moyenne des lectures par jour	N	04		
Paramètres mesurées à la fin de l'essai				
Cc : Coefficient de consolidation				
σ'_c : Contrainte de préconsolidation				
Cg : Coefficient de gonflement				
Cv : Coefficient de consolidation secondaire				