



HAL
open science

Constitution d'un fichier géologique et géotechnique sur ordinateur : application à l'étude du remblaiement alluvial de la vallée de l'Isère

Gérard Mercieca

► To cite this version:

Gérard Mercieca. Constitution d'un fichier géologique et géotechnique sur ordinateur : application à l'étude du remblaiement alluvial de la vallée de l'Isère. Géologie appliquée. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1977. Français. NNT : . tel-00694934

HAL Id: tel-00694934

<https://theses.hal.science/tel-00694934>

Submitted on 7 May 2012

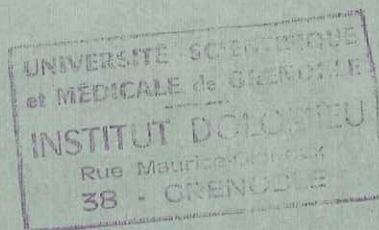
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

(G.) MERCIÉCA 1^o seul ex
07 JAN 1978

THÈSE

présentée à



L'UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE SPÉCIALITÉ EN GÉOLOGIE APPLIQUÉE

par

Gérard MERCIÉCA

SUJET

**Constitution d'un fichier géologique
et géotechnique sur ordinateur :
Application à l'étude du remblaiement
alluvial de la vallée de l'Isère**

Soutenue le 1er Octobre 1977 devant la Commission d'Examen

M. R. BARBIER Président

M. P. ANTOINE
M. R. NEGRE Examineurs

M. G. BIGUENET Invité

THÈSE

présentée à



L'UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE SPÉCIALITÉ EN GÉOLOGIE APPLIQUÉE

par

Gérard MERCIECA

SUJET

**Constitution d'un fichier géologique
et géotechnique sur ordinateur :
Application à l'étude du remblaiement
alluvial de la vallée de l'Isère**

Soutenue le 1er Octobre 1977 devant la Commission d'Examen

M. R. BARBIER	Président
M. P. ANTOINE	Examineurs
M. R. NEGRE	
M. G. BIGUENET	Invité

AVANT PROPOS

Au terme de ce travail, il m'est agréable de remercier :

- . Monsieur le Professeur R. BARBIER, qui me fait l'honneur de présider ce jury ;
- . Monsieur P. ANTOINE, pour ses critiques avisées ;
- . Monsieur G. BIGUENET, qui n'a jamais refusé le coup de pouce des moments difficiles, et qui a bien voulu participer à ce jury ;
- . Monsieur le Professeur R. NEGRE a montré l'intérêt qu'il portait à ce travail en acceptant de participer au jury.

Mes remerciements iront également à toutes les personnes qui ont pu aider à la réalisation de ce mémoire, avec par ordre chronologique de participation :

- . G. BIGUENET, pour la conception de l'étude, la partie mécanique des sols et la correction du manuscrit ;
- . A. RABATEL, pour la partie informatique ;
- . P. ANTOINE, pour la partie géologique et la correction du manuscrit ;
- . P. TALLONI, pour la collecte (fastidieuse) des données ;
- . D. WILLARD, pour sa compagnie en quelques nuits de veille en salle d'ordinateur ;
- . OLLIVETTI (Editor S14) qui m'a permis de dactylographier moi-même ce mémoire.

Merci enfin à tous mes parents et amis, pour leur aide morale et matérielle.

Grenoble, juillet 1977.

SOMMAIRE

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

INTRODUCTION

Première partie : L INFORMATIQUE GEOTECHNIQUE

Chapitre 1 : Revue des principaux composants de
l'étude géotechnique

Chapitre 2 : Le stockage de l'information géotechnique

Deuxième partie : LE FICHIER GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE REALISE

Chapitre 3 : Conception du fichier général

Chapitre 4 : Les programmes de traitement

Troisième partie : UNE EXPLOITATION DU FICHIER

Chapitre 5 : Contribution à l'étude géologique du
remblaiement alluvial de la vallée de l'Isère

CONCLUSION

Annexe

Bibliographie

Liste des tableaux et des figures

Table des matières

INTRODUCTION

L'initiative du premier stockage de données géotechniques sur ordinateur appartient à J.L. Favre et G. Biguenet (1972), dans le cadre du Laboratoire de Mécanique des Sols de l'Institut de Mécanique de Grenoble. Parallèlement à ces travaux, B. Couturier (1974) et H. Margalhan-Ferrat (1975) avaient pu collationner un certain nombre de données de sondages, dans le cadre du Laboratoire de Géologie Appliquée de l'Institut Dolomieu, dont un des thèmes de recherche est l'étude géologique et géotechnique systématique du sous-sol de Grenoble.

A la création de l'I.R.I.G.M. (Institut de Recherches Interdisciplinaires de Géologie et Mécanique), une suite logique a été donnée à ces travaux, provoquée par l'accumulation des informations concernant le sous-sol d'une agglomération en plein essor. La décision a donc été prise d'appliquer la "méthode informatique" à une première étude de synthèse, prémices d'une cartographie géotechnique régionale.

C'est dans ce contexte que nous avons pu nous intéresser tout à la fois aux problèmes du stockage des données géotechniques, et à une certaine géologie régionale. L'étude ainsi réalisée se décompose en trois parties :

- . Le chapitre 1 examine les détails d'une étude géotechnique et les informations que celle-ci peut délivrer. Le chapitre 2 traite du stockage proprement dit des données géotechniques et de la conception de ce stockage.
- . Les chapitres 3 et 4 présentent le système informatique mis au point et les programmes de traitement réalisés.
- . Le chapitre 5 est un exemple d'application du fichier, sous la forme d'une étude géologique particulière : celle du remblaiement alluvial de la vallée de l'Isère, dans la région de Grenoble.

La conclusion de ce mémoire évalue les principaux résultats obtenus, et esquisse quelques prolongements possibles du fichier.

Chapitre 1

REVUE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE

1. Avertissement

Le présent chapitre se propose d'analyser les principaux composants de l'étude géotechnique dans le domaine des reconnaissances géologiques et géotechniques d'un site et le mode de représentation de leurs résultats au sein du rapport d'étude final.

Les dossiers consultés, issus d'organismes publics ou privés, concernaient des études locales, effectuées à des fins diverses (fondations, recherche de matériaux, étude de nappes). Aussi devons-nous reconnaître que les termes mêmes de cet exposé ont pu être influencés par les documents que nous avons dû consulter. Nous avons toutefois évité de nous inspirer des seuls documents régionaux en essayant de définir ce qu'est une étude géotechnique et quelles sont les informations que celle-ci peut délivrer.

2. Cadre de l'étude géotechnique

2.1. Aménagement et nécessité d'études spécialisées

Dans le contexte actuel d'urbanisation et d'aménagement du territoire, les études prévisionnelles jouent un rôle primordial dans la mise en place des projets. Les faits nous montrent l'effort constant consenti par les organismes projeteurs dans l'élaboration de plans, à plus ou moins long terme, définissant les actions entreprises ou les précautions à prendre.

Dans ce cadre général, l'étude géologique et géotechnique répond à un besoin croissant des constructeurs et aménageurs du domaine public ou privé. Elle est rendue maintenant nécessaire par la sélection dont l'espace aménageable fait de plus en plus l'objet. Les sites choisis sont de moins en moins propices à la construction. On doit ainsi le plus souvent affiner les études préliminaires et utiliser des techniques de construction sophistiquées, donc onéreuses.

Le caractère de nécessité de telles études est reconnu par les utilisateurs pour l'aide que celles-ci peuvent apporter aussi bien dans le choix des solutions techniques, que dans le domaine des évaluations financières.

2.2. Conception de l'étude géotechnique

L'étude géotechnique a pour but de renseigner le projeteur ou le constructeur sur le sous-sol du site où s'implantera le projet.

Elle se déroule généralement en plusieurs étapes, appelées " stades de reconnaissances ". Les différents niveaux d'intervention intéressant plus particulièrement le géotechnicien sont les suivants :

2.2.1. Le stade des reconnaissances préliminaires

Elles permettent une approche générale du site et décident de son choix. Cette première étude conduit à l'élaboration de l'Avant-Projet Sommaire (APS).

2.2.2. L'Avant-Projet Sommaire

Il permet de décider de la prise en considération du projet. Cette étude nécessite une bonne connaissance de la géologie locale, et s'appuie sur quelques reconnaissances géologiques et géotechniques, destinées à déterminer le comportement du milieu qui recevra l'aménagement futur. Le rapport en résultant esquisse alors les lignes directrices des études ultérieures.

2.2.3. L'Avant-Projet Détaillé

Plus tard, si le projet est maintenu, une campagne de reconnaissances plus poussée permet la mise sur pied d'un Avant-Projet Détaillé (APD) à partir duquel sont lancés les appels d'offres pour la suite des travaux.

2.2.4. Surveillance des travaux

D'autres reconnaissances peuvent ensuite être réalisées au cours des travaux, notamment lorsque les fouilles sont ouvertes. Les observations directes permettent de vérifier le bien fondé des conclusions de l'étude géotechnique au terme de ses deux premiers stades, ou de modifier éventuellement le projet en fonction des nouveaux éléments mis en évidence.

Le rôle du géotechnicien, pendant la réalisation de l'ouvrage, peut se poursuivre par des opérations de contrôle, lui permettant de vérifier ses prévisions et ses hypothèses de calcul.

A partir du projet et de son contexte géologique, s'établit donc un programme de reconnaissances, mettant en oeuvre des techniques appropriées au type d'étude envisagée. Ce programme peut être modifié en fonction du déroulement des opérations.

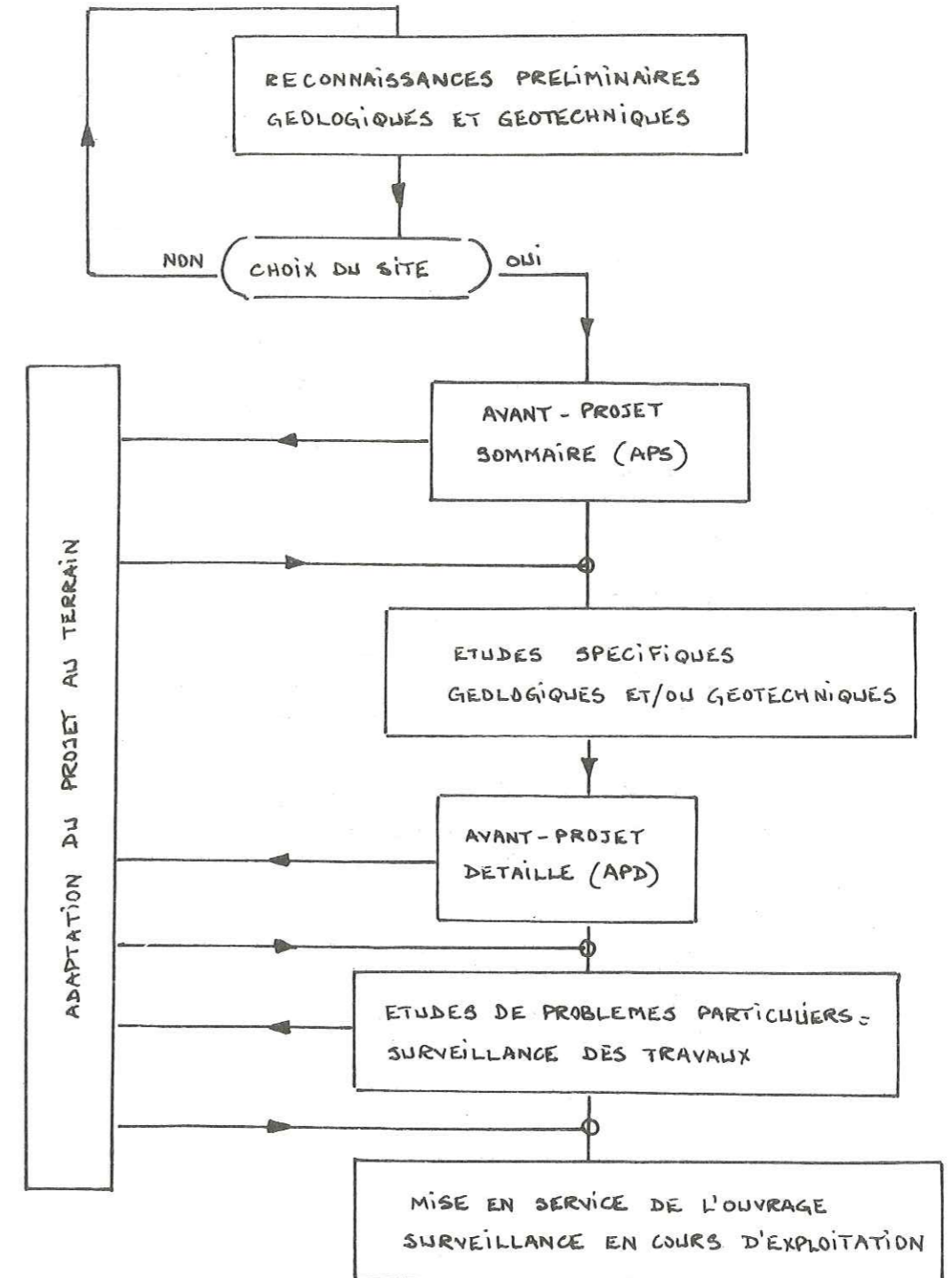


FIGURE 1 , ARTICULATION DES STADES
DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE ,

Au terme de l'étude, un rapport décrit les différents résultats obtenus (coupes géologiques, essais, observations), les sujétions d'exécution qui en découlent, et les précautions à prendre lors des travaux. L'organisation des différents stades de reconnaissances de l'étude géotechnique est résumée, sous forme d'organigramme, en figure 1.

3. Les techniques de reconnaissances Principes, résultats et utilisation

Quelque soit le type de reconnaissance envisagée (fondations, tracé routier, recherche de matériaux, etc.), l'un au moins des trois types d'études suivants doit être réalisé :

- l'étude géologique ;
- l'étude géotechnique in situ ;
- l'étude géotechnique en laboratoire.

3.1. L'étude géologique

L'étude géologique a pour but d'identifier les différents constituants du sous-sol, d'établir leur géométrie dans l'espace et de synthétiser l'ensemble des informations recueillies à l'aide de cartes et de coupes.

Son objectif principal est de définir, de manière qualitative et quantitative, le contexte naturel où s'inscriront les mesures géotechniques effectuées en place ou en laboratoire. Cette démarche est indispensable à l'interprétation correcte de ces dernières. Cette étude peut elle même se diviser en trois parties :

3.1.1. Une description détaillée des ensembles lithologiques

Elle définit les différents matériaux rencontrés et évalue les paramètres susceptibles de modifier leurs propriétés.

3.1.2. Une analyse de la géométrie des ensembles lithologiques

Cette analyse permet de reconnaître la succession et la configuration des terrains constituant le sous-sol. Elle est à la base de toute prévision concernant le comportement des différents ensembles géologiques vis à vis des travaux à entreprendre, en mettant en évidence les discontinuités et les hétérogénéités du terrain.

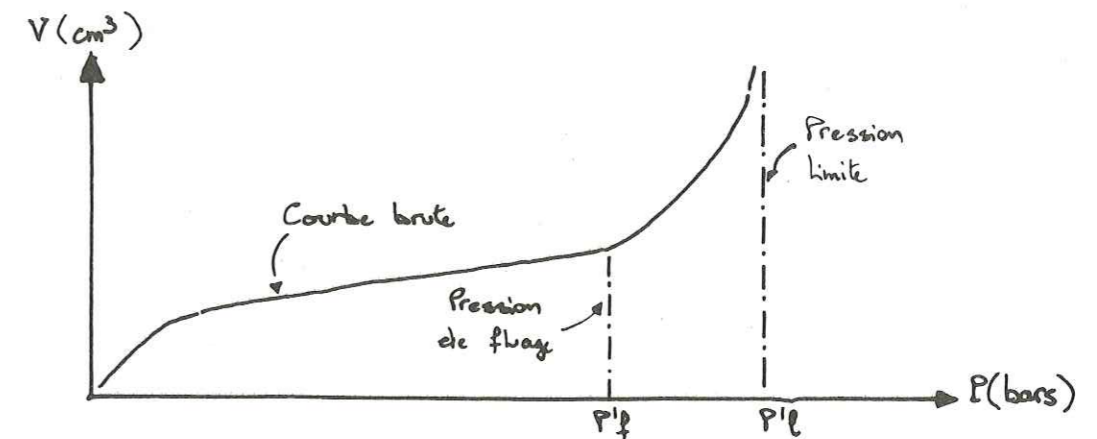


Figure 2 : Courbe pressiométrique (variations du volume de la cellule pressiométrique en fonction de la pression appliquée après une minute).

1°/ Le module pressiométrique est mesuré sur la partie linéaire de la courbe brute :

$$E_p = f (\Delta P / \Delta V)$$

2°/ Les pressions limite ($P'l$) et de fluage ($P'f$) se déduisent des valeurs $P'l$ et $P'f$ mesurées sur la courbe brute.

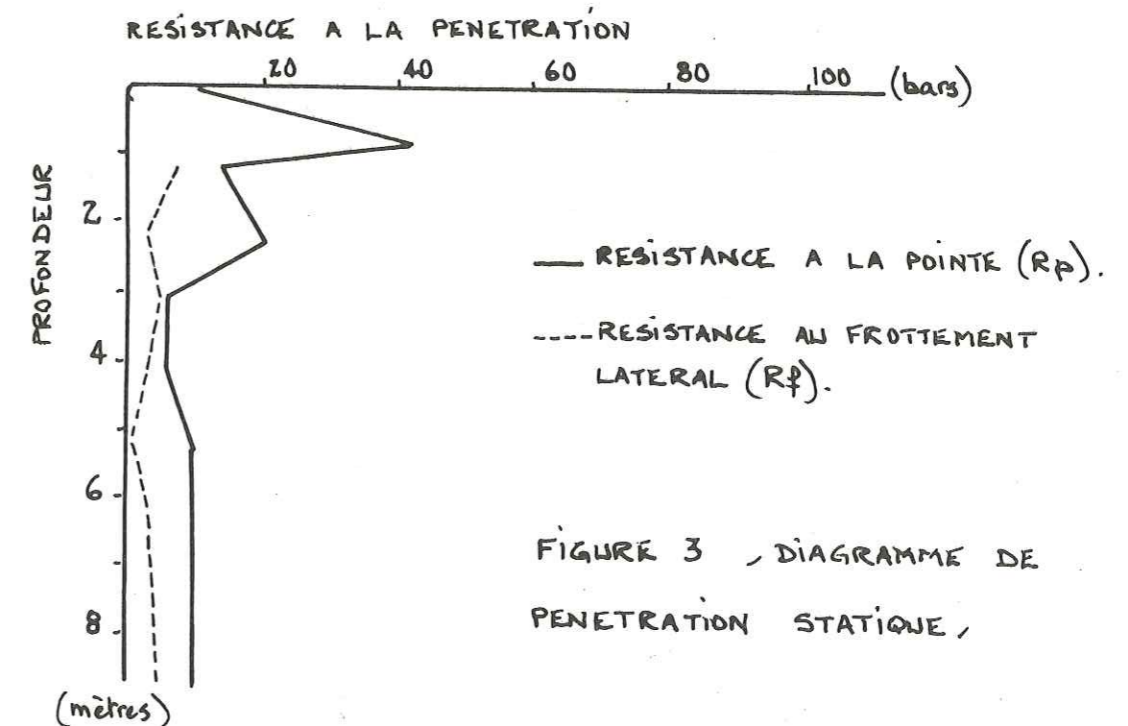


FIGURE 3 , DIAGRAMME DE PENETRATION STATIQUE ,

3.1.3. Une synthèse des observations effectuées

Les observations ponctuelles doivent être nécessairement complétées, dans une démarche synthétique, par des tentatives de corrélations entre les différents points d'investigation (coupes géologiques, cartes en courbes isovales).

Remarque :

En site urbain, il est souvent difficile d'effectuer des reconnaissances sans avoir recours à certains moyens techniques (sondages). Bien que particulière dans ce cas, l'étude géotechnique suit pourtant les mêmes démarches : à partir des relevés de sondages, les différents ensembles géologiques sont définis par leur géométrie (puissance, volume, mode de gisement), et leurs caractéristiques (lithologie, position par rapport à la nappe phréatique). L'ensemble des observations ponctuelles fait l'objet, après corrélation et interprétation, d'une synthèse, présentée sous forme de coupes et de cartes de différents types.

3.2. L'étude géotechnique in situ

Ses reconnaissances mettent en oeuvre des méthodes physiques élaborées. Elle vient en complément de l'étude géologique en donnant des valeurs chiffrées permettant certains calculs.

3.2.1. L'essai pressiométrique

Cet essai permet d'obtenir une courbe effort-déformation particulière du terrain in situ (figure 2). Trois paramètres sont mesurés :

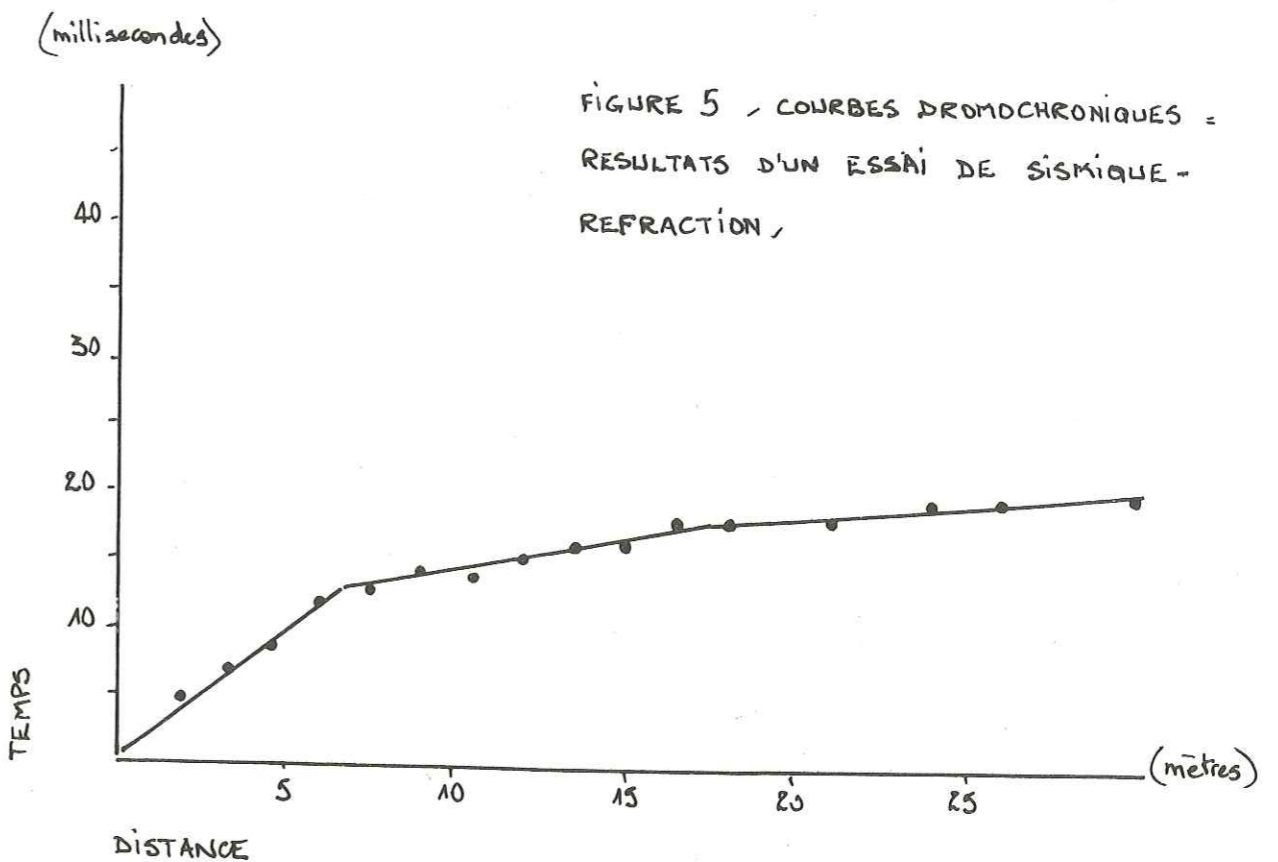
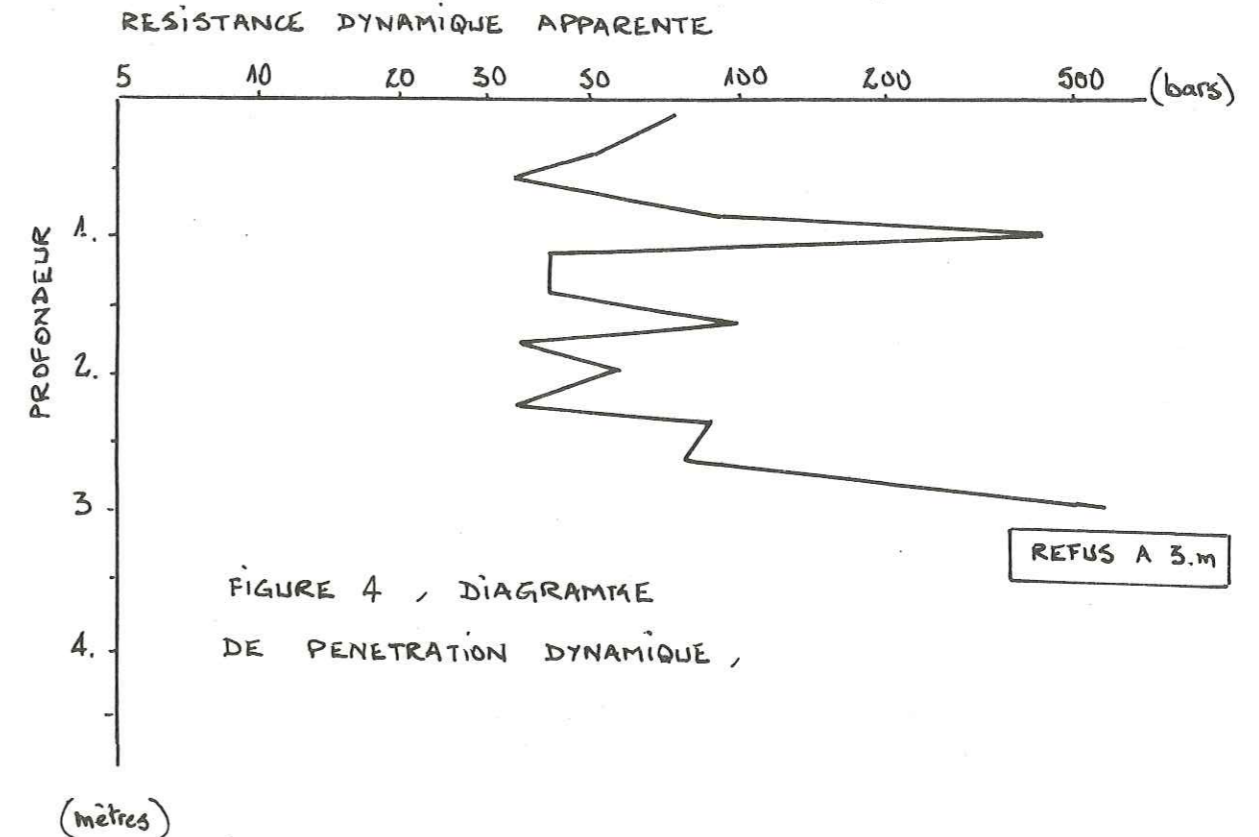
- le module pressiométrique (E_p) ;
- la pression limite (P_l) ;
- la pression de fluage (P_f).

3.2.2. L'essai de pénétration statique

L'essai de pénétration statique permet la mesure directe et en continu du comportement des sols fins. Ses résultats sont surtout utilisés pour le calcul des fondations profondes, mais sont aussi très précieux pour établir certaines corrélations entre sondages mécaniques. Ils permettent ainsi de distinguer les différents constituants du sous-sol. Les paramètres mesurés sont les suivants :

- la résistance de pointe à la pénétration (R_p) ;
- la résistance au frottement latéral sur toute la hauteur du tube (R_f).

Ils sont habituellement présentés suivant l'exemple décrit en figure 3.



3.2.3. L'essai de pénétration dynamique

Dans ce cas, un dispositif spécial (manchon) permet de diminuer le rôle du frottement latéral. La formule dite "des Hollandais" donne par le calcul :

- la résistance dynamique du sol à la pénétration (R_d).

L'essai de pénétration dynamique est utilisé aux mêmes fins que l'essai de pénétration statique, mais dans des sols de granulométrie plus forte. Ses résultats sont généralement présentés suivant l'exemple décrit par la figure 4.

3.2.4. L'essai de cisaillement in situ : le scissomètre

La rotation d'un dispositif constitué de deux lames verticales orthogonales provoque le cisaillement à la périphérie d'un cylindre de sol. L'essai permet de mesurer in situ la cohésion apparente (C) des sols mous (tourbe, vase, argile molle), dont le frottement apparent (ϕ) est nul, et seulement dans ce cas.

Les résultats de l'essai sont à rapprocher, pour plus de précision, de ceux donnés par les essais de cisaillement en laboratoire. Le choix de son application est fonction de la nature du sol.

3.2.5. Les essais d'eau

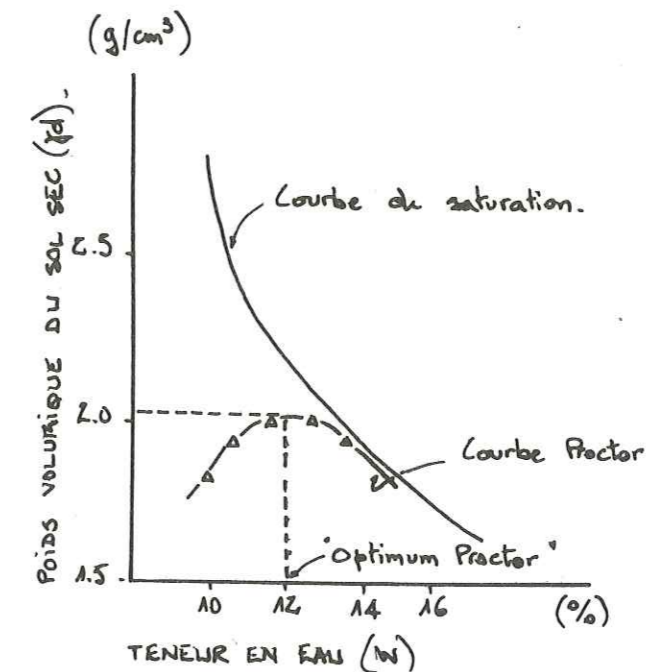
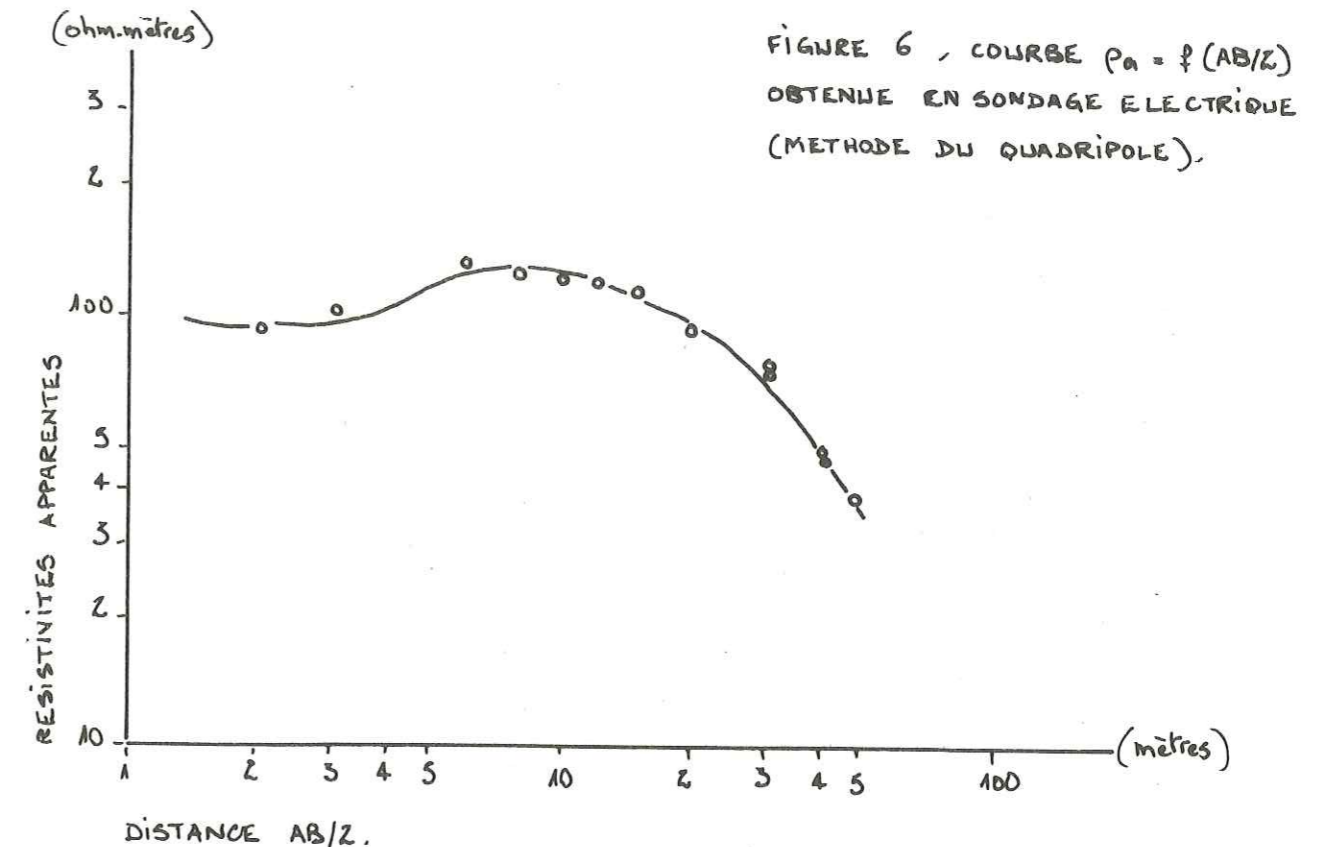
Ils ont pour but essentiel de déterminer la perméabilité du terrain en place. Les principes et la nature des mesures varient d'un essai à l'autre. Celles-ci s'effectuent en sondages, en continu, ou localement à des profondeurs données. Les essais opèrent par pompage ou par injection. Les plus courants sont les essais de pompage, les essais Lefranc ou Lugeon.

3.3. L'étude géophysique

3.3.1. La prospection sismique de surface

Son principe est fondé sur la mesure de la vitesse d'un ébranlement dans le sol. L'interprétation de ses résultats permet de déterminer certaines caractéristiques physiques des constituants du sous-sol, et d'en évaluer la géométrie.

Le type de diagramme résultant d'un essai de sismique-réfraction est décrit à titre d'exemple en figure 5.



1.3.2. La prospection électrique

La méthode consiste à mesurer la résistivité apparente offerte par un certain volume de sol au passage d'un courant électrique. Les valeurs de cette résistivité caractérisent un type de sol, mais varient en particulier en fonction de sa saturation et de sa compacité.

La figure 6 montre, à titre d'exemple, le type de courbe obtenue en sondage électrique (méthode du quadripôle).

3.3.3. Autres techniques utilisables

a. Prospection gravimétrique

Elle consiste à dresser la carte de variations locales de la pesanteur. Sont décelées ainsi les cavités (anciennes galeries, cavités karstiques, etc.) à condition que celles-ci aient une certaine importance.

b. Diagraphie sismique

La méthode est basée sur le même principe que la prospection sismique de surface, mais ses applications peuvent être différentes. En effet, la base de mesure peut être très courte et la direction de propagation utilisée est perpendiculaire à celle de la configuration normale. Elle présente toutefois l'avantage d'opérer en sondage, et à des profondeurs d'investigation plus importantes.

3.4. L'étude géotechnique en laboratoire

A partir d'échantillons prélevés en sondages, tranchées, puits ou en surface, on réalise en laboratoire une série d'essais qui ont pour but d'identifier le matériau et de mesurer ses caractéristiques mécaniques.

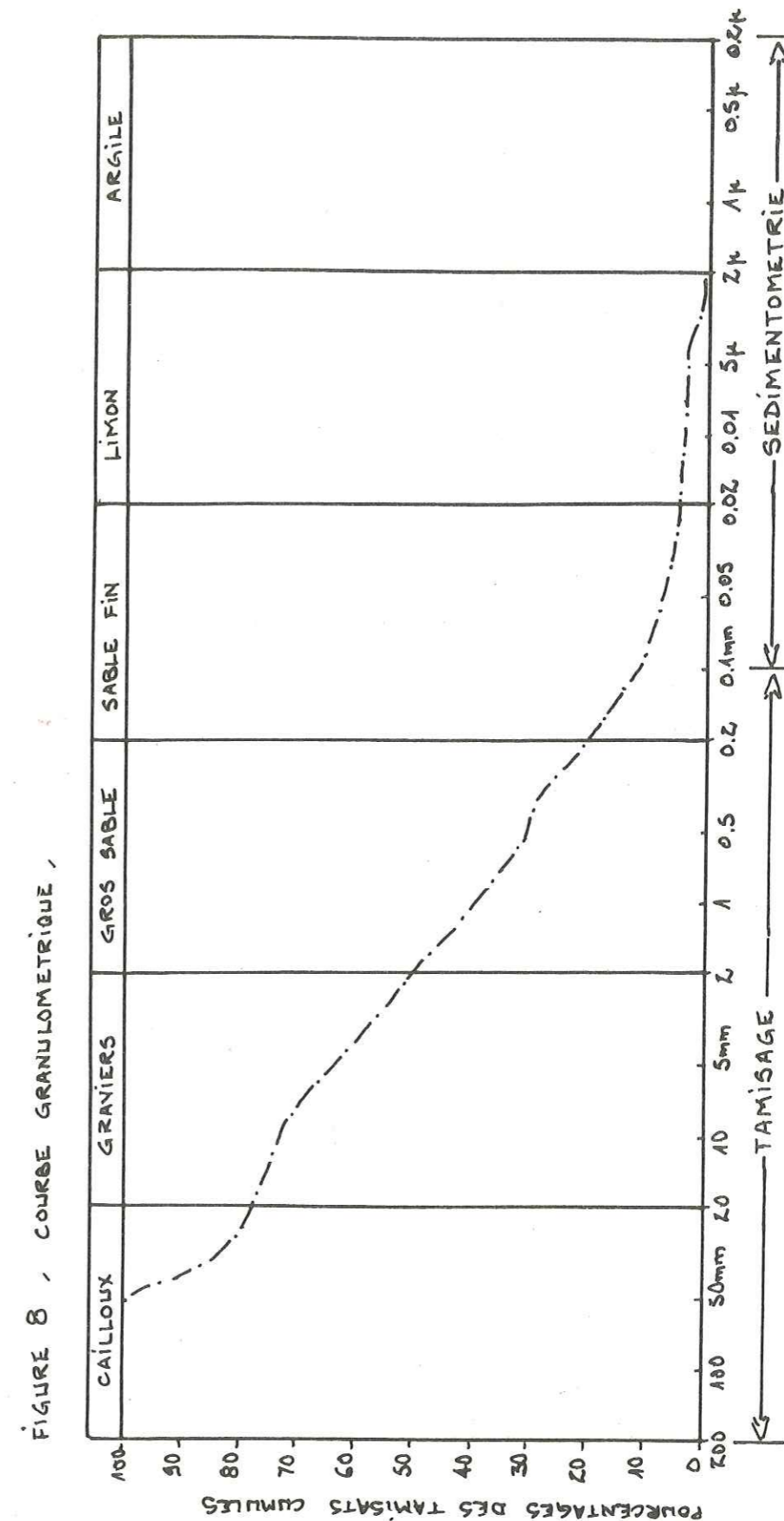
3.4.1. Les essais d'identification

Le but des essais d'identification est déterminer certaines caractéristiques physiques du sol, qui permettront de le classer parmi les types de sols habituellement rencontrés.

a. Les caractéristiques d'état

Elles servent principalement à déterminer l'état du sol en place. Ce sont :

- la teneur en eau (W) ;
- le poids volumique du sol (γ) ;



- le poids volumique des grains solides (γ_s) ;
- le poids volumique du sol sec (γ_d) ;
- le poids volumique du sol saturé (γ_{sat}) ;
- la densité des grains solides (G) ;
- la teneur en eau du sol saturé (W_{sat}) ;
- le degré de saturation (S_r) ;
- l'indice des vides (e) ;
- la porosité (n).

b. L'analyse granulométrique

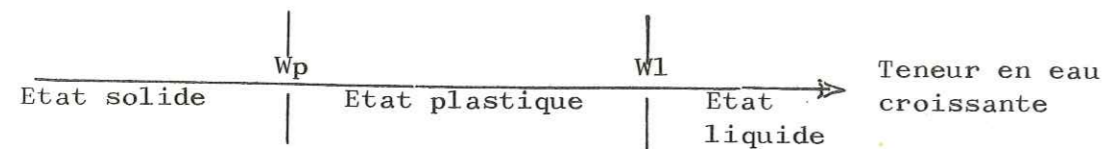
La connaissance des caractéristiques granulométriques d'un sol fournit certains critères de classement, qui aident à la détermination de son origine géologique. On peut ainsi comparer des sols de provenance ou d'origine différents, et réduire, lorsque c'est le cas, les risques d'erreur dans l'interprétation des coupes de sondages.

Les résultats de l'analyse granulométrique, par tamisage et sédimentométrie, sont figurés, en pratique, par la courbe granulométrique (figure 8), qui représente, en fonction de leur taille, la distribution des grains au sein de classes de diamètre normalisées. Divers coefficients (uniformité, courbure, pourcentage de Filler) permettent enfin de "chiffrer" l'aspect de la courbe.

c. Les limites d'Atterberg

Ces limites sont déterminées par une série d'essais empiriques normalisés. Elles représentent les teneurs en eau de transition entre les états solide, plastique et liquide d'un matériau (cf. schéma ci-contre). Ce sont :

- la limite de plasticité (W_p) ;
- la limite de liquidité (W_l).



A partir de ces paramètres, se calculent les indices de plasticité (I_p), de liquidité (I_l), de consistance (I_c).

d. L'analyse minéralogique

Suivant la composition minéralogique du sol, observable de manière globale, on détermine les éléments suivants :

- les teneurs en carbonates calcique et magnésien ;
- la teneur en matière organique ;
- la teneur en minéraux argileux, ainsi que leur nature.

FIGURE 9 , RESULTATS DE L'ESSAI TRIAXIAL.

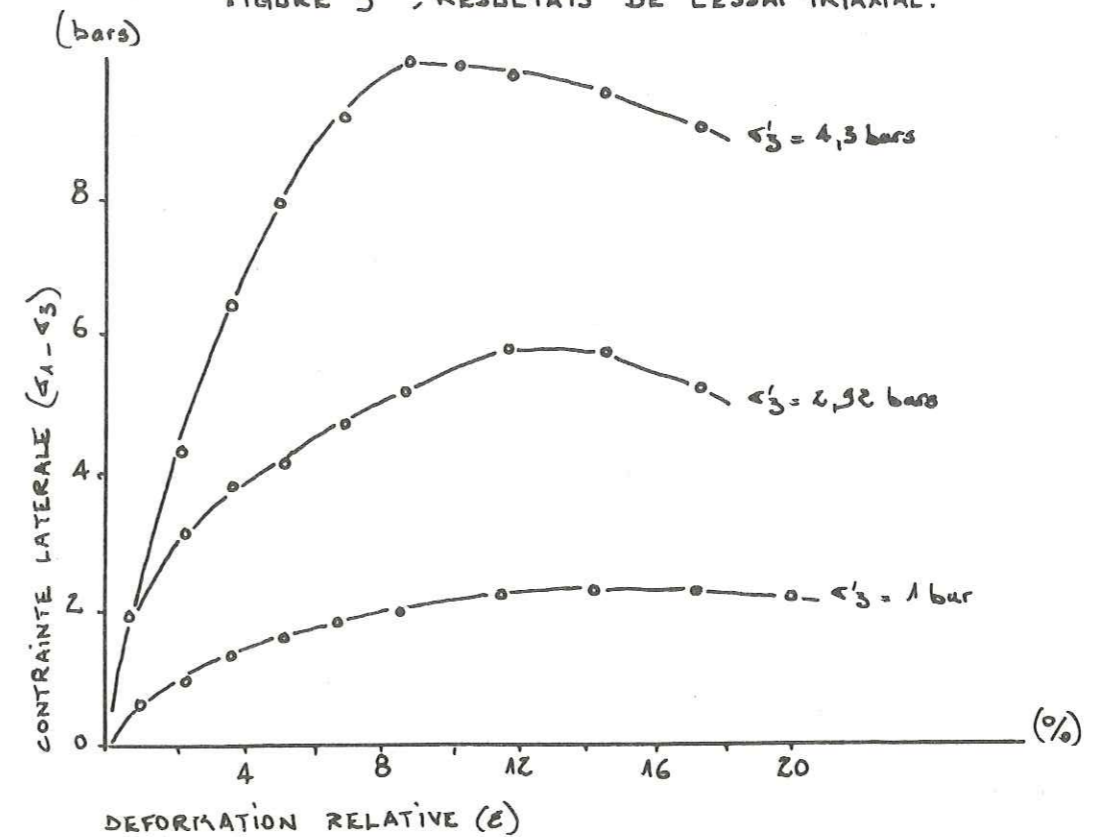
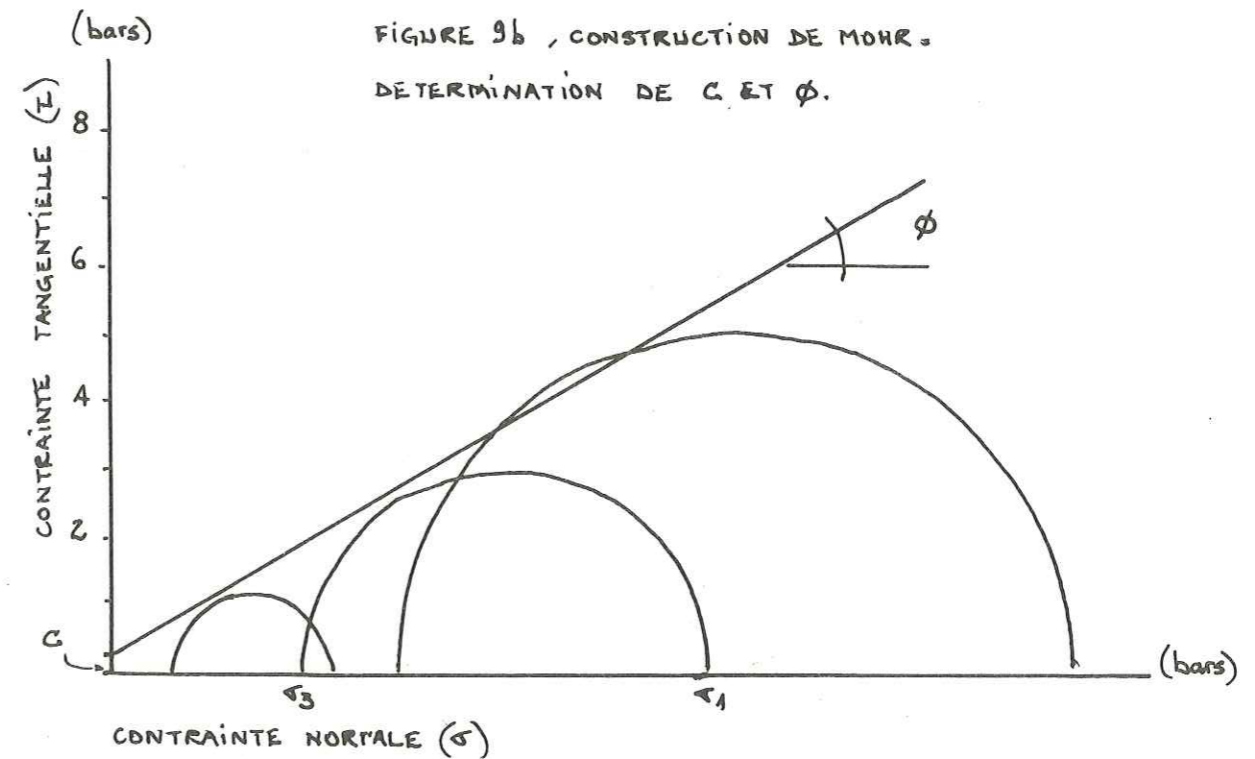


FIGURE 9a ,
COURBE CONTRAINTE-DEFORMATION.



e. Les caractéristiques optimales du sol

Le compactage d'un sol a pour but d'augmenter sa densité sèche, et, par là même, sa résistance mécanique, pour une énergie de compactage donnée. L'énergie de compactage peut varier à volonté, mais on exécute généralement deux types d'essais correspondant à deux énergies de compactage différentes :

- l'essai Proctor Normal (Standard) ;
- l'essai Proctor Modifié.

On détermine ainsi par lecture sur la courbe Proctor (figure 7) la teneur en eau correspondant à la plus forte densité. Ces valeurs sont dites " Optimum Proctor ", normal ou modifié (W_{OPN} , γ_d_{OPN} , W_{OPM} , γ_d_{OPM}).

f. L'essai de perméabilité en laboratoire

La mesure de la perméabilité (K) s'effectue, en laboratoire, soit au cours de l'essai de consolidation à l'oedomètre, soit au perméamètre (essai à charge constante, à charge variable). Si l'utilisation du perméamètre est peu répandue, parce que peu représentative de la perméabilité du sol in situ, il faut noter que son emploi est indispensable dans le cas, par exemple, de sol " artificiel " (noyau de barrage, remblais).

Il est possible également de calculer une valeur approchée de la perméabilité d'un sol en utilisant sa courbe granulométrique (formule de Hazen).

3.4.2. Mesure des propriétés mécaniques

Deux grands types d'essais sont effectués pour déterminer les propriétés mécaniques d'un matériau :

- l'essai de cisaillement ou de compression ;
- l'essai de tassement à l'oedomètre.

a. L'essai de cisaillement ou de compression

Il a pour but de mesurer les caractéristiques suivantes :

- l'angle de frottement apparent (ϕ), et intergranulaire (ϕ') ;
- la cohésion apparente (C), et intergranulaire (C').

Ces résultats peuvent être obtenus à partir de trois types d'essais :

- l'essai triaxial, auquel peut être associé l'essai de compression simple (cas d'un triaxial avec $\sigma_3 = 0$) ;
- l'essai de cisaillement rectiligne à la Boite de Casagrande, avec plan de cisaillement imposé ;
- l'essai de cisaillement au microscissomètre (vane-test de laboratoire).

La figure 9 indique, à titre d'exemple, le type de représentation des résultats d'un essai de cisaillement (triaxial non consolidé - non drainé : NCU).

b. L'essai de tassement à l'oedomètre

Cet essai est destiné à déterminer la déformation d'un échantillon intact possédant la structure et les propriétés mécaniques du sol en place, sous une charge constante, en fonction du temps. Ses résultats se présentent sous forme de courbes. On relève habituellement la valeur du tassement total au bout de 24 heures pour chaque charge, en fonction de cette charge (figure 10), ou, suivant le but de l'essai, la variation du tassement en fonction du temps, pour une charge donnée.

On déduit du premier type de courbe les paramètres suivants :

- le module oedométrique \bar{E} ;
- le module de compressibilité $m_v = 1/\bar{E}$;
- l'indice de compression C_c ;

Cet essai permet en outre la mesure de la perméabilité de l'échantillon sous une charge donnée, celui-ci étant préalablement saturé.

Par le deuxième type de courbe, on définit le temps de consolidation primaire du sol pour un degré de consolidation de 50% et 90% (le tassement définitif se poursuivant indéfiniment), et sous une charge donnée.

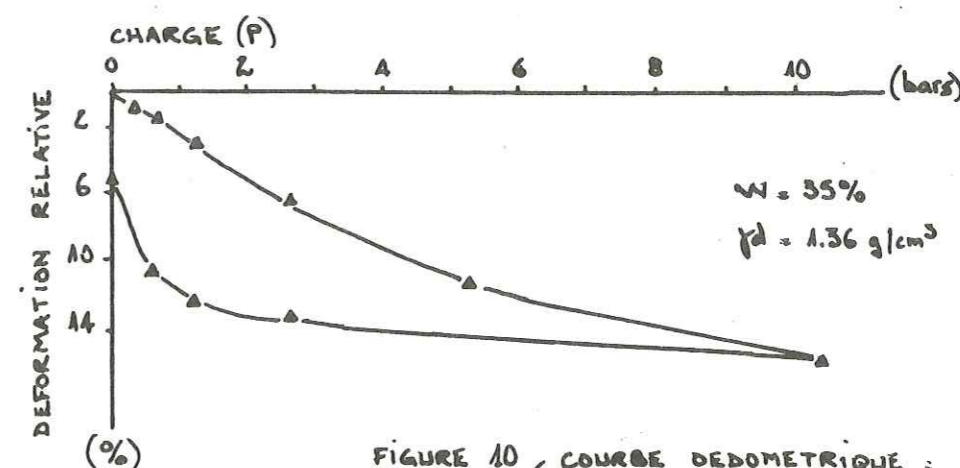


FIGURE 10, COURBE OEDOMETRIQUE :
CHARGE-TASSEMENT.

4. Le rapport d'étude géotechnique

4.1. Présentation du dossier

Les résultats des différentes études décrites précédemment sont consignés dans un rapport, qui, dans le cas d'une étude géotechnique, comporte généralement, et plus ou moins développées :

- une rubrique géologique ;
- une rubrique géotechnique (avec ou sans calculs) ;
- les conclusions de l'étude au terme des reconnaissances, conclusions qui peuvent déboucher soit sur des informations générales et conseils soit sur des dispositions constructives précises.

4.1.1. La rubrique géologique

Elle résume les observations faites sur le terrain (levé géologique à l'affleurement, étude géomorphologique, inventaire des points d'eau), ou au bureau (examen des photos aériennes, des cartes et documents géologiques existants), et doit s'efforcer de présenter une synthèse logique accessible à des non spécialistes.

Il faut noter que, sur le site de Grenoble, la plupart des reconnaissances s'effectuent en milieu urbain. L'étude géologique se borne alors le plus souvent à un relevé plus ou moins précis des sondages.

4.1.2. La rubrique géotechnique

Les essais géotechniques effectués en place ou en laboratoire y sont rarement décrits, quelques fois brièvement cités. Seuls sont mentionnés leurs résultats, et, suivant les essais, sous forme numérique (valeur de la teneur en eau, de la cohésion), ou sous forme graphique (diagramme de pénétration, courbe de consolidation). Cette présentation varie non seulement selon le type de résultats, mais aussi selon l'auteur du rapport.

4.1.3. Les conclusions de l'étude

Après analyse des résultats de la campagne de reconnaissance, l'auteur présente les sujétions d'exécution concernant le projet examiné, et les précautions à prendre lors des travaux.

Ses recommandations apparaissent sous forme numérique (taux de travail admissible, estimation des tassements, volume de matériau), ou non (avis sur un risque naturel).

4.2. Sommaire des informations consignées

4.2.1. Renseignements administratifs

Quelque soit leur provenance, les dossiers que nous avons dépouillés portent généralement les indications suivantes :

- un numéro ou libellé permettant leur identification ;
- les dates où ont été effectués les travaux de reconnaissance ;
- les nom et adresse du responsable de l'étude (individu ou bureau d'étude) ;
- les nom et adresse de l'organisme où le dossier est archivé.

4.2.2. Renseignements concernant un sondage

Chaque sondage est habituellement présenté avec les indications suivantes :

- sa localisation sur plan directeur et/ou en coordonnées Lambert, et sa cote N.G.F. (rapportée au Nivellement Général de la France) ;
- le type de sondage effectué (puits, galerie, sondage mécanique ou géophysique, etc.), et, pour chaque type, ses caractéristiques techniques (outil utilisé, diamètre du forage, mise en place du tubage, etc.) ;
- les cotes T.N. (par rapport au terrain naturel) ou les cotes N.G.F. des limites des terrains rencontrés ;
- la description géologique des terrains ;
- les prises d'échantillons, leur profondeur, leur mode de prélèvement ;
- la cote T.N. et/ou N.G.F. de l'eau à la date d'exécution du sondage ;
- l'état de fissuration de la roche (pourcentage carotté, R.Q.D.) dans le cas de sondage au rocher ;
- le numéro d'identification du sondage au sein du dossier.

Tous ces renseignements ne figurent pas systématiquement sur chaque relevé de sondage. S'ils sont quelquefois omis par négligence, ils peuvent évidemment être ignorés pour certains types de sondages.

4.2.3. Renseignements concernant un échantillon

Nous ne répèterons pas en détail la liste intégrale des caractéristiques résultant des analyses en laboratoire. Celles-ci peuvent figurer au sein du rapport sous forme numérique. Ce sont, dans le cas d'un sol :

- le numéro de l'échantillon au sein du dossier (i.e. numéro du sondage-profondeur de l'échantillon) ;
- les caractéristiques d'état ;
- les coefficients définissant la courbe granulométrique ;
- les limites d'Atterberg ;
- les caractéristiques optimales du sol mesurées à l'essai Proctor ;

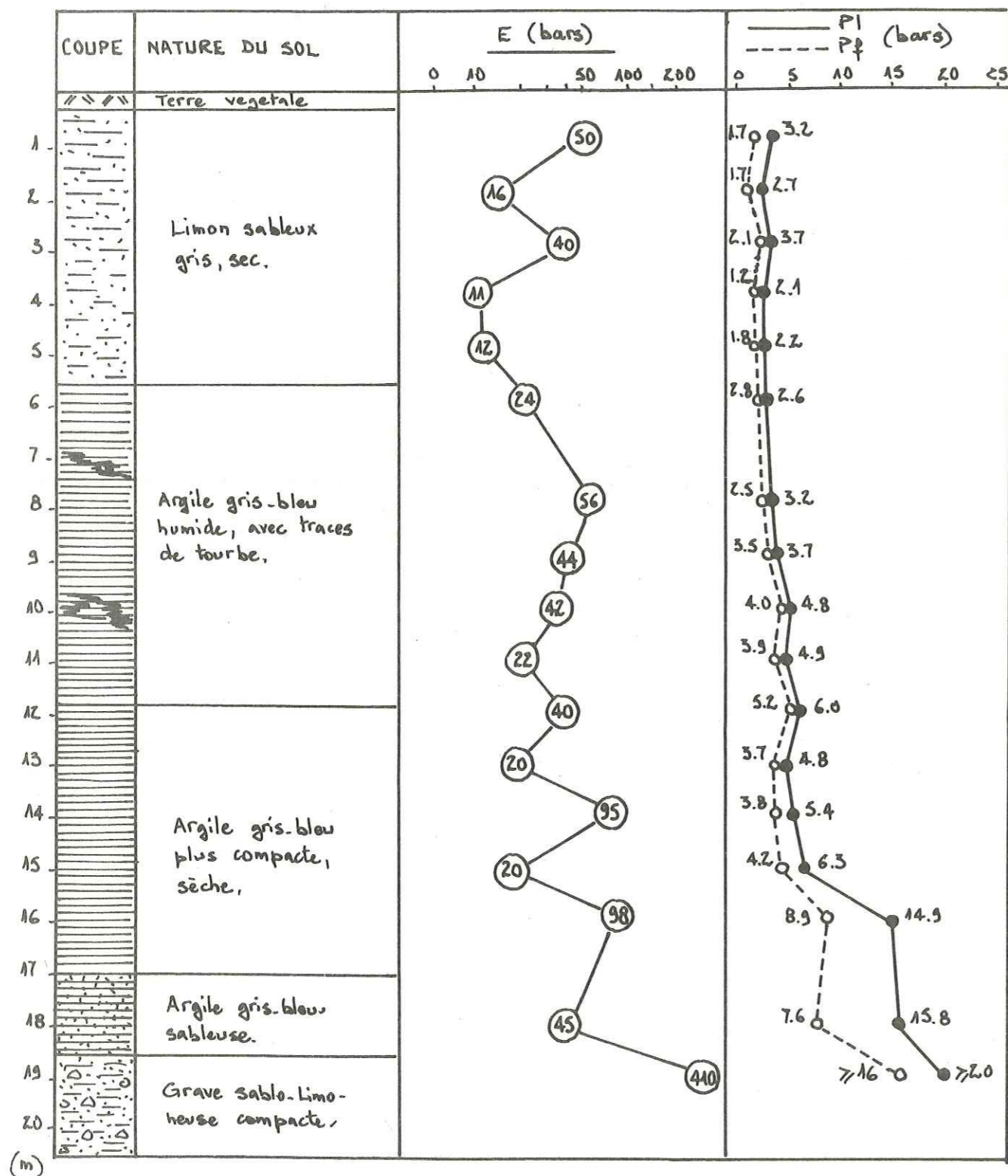


FIGURE 11. PRESENTATION DES RESULTATS
D'UN SONDAGE PRESSIOMETRIQUE,

- la perméabilité du sol déterminée en laboratoire ;
- les caractéristiques mécaniques du sol résultant des essais de cisaillement ou de compression (C, ϕ, R_c , etc.) ;
- les caractéristiques mécaniques du sol résultant des essais de consolidation ($\bar{E}, \bar{\nu}_c, C_c$, etc.).

Parmi les caractéristiques précédentes, certaines peuvent être présentées sous forme graphique. Ce sont :

- la courbe granulométrique ;
- les caractéristiques optimales du sol mesurées à l'essai Proctor (variations de γ_d en fonction de W pour une énergie de compactage donnée) ;
- les caractéristiques mécaniques du sol, qui, suivant le mode opératoire utilisé, peuvent impliquer des chemins particuliers dans l'espace des contraintes ou des déformations.

4.2.4. Renseignements concernant les essais en place

Les résultats de ces essais sont généralement exprimés sous forme de courbes et de diagrammes. Cette expression graphique est une étape intermédiaire dans l'analyse des essais, tout aussi intéressante à noter puisque non teintée d'interprétation. Aux différents graphes sont associées les valeurs caractéristiques que l'auteur en retire. Pour chaque type d'essai décrit précédemment, les graphes et valeurs suivants peuvent être présentés :

a. L'essai pressiométrique

En fonction de la profondeur, sont notées les valeurs du module pressiométrique (E_p), du module de déformation (E), de la pression limite (P_l), de la pression de fluage (P_f). Généralement les résultats sont présentés, associés au relevé géologique du sondage qui l'a précédé (figure 11).

b. L'essai de pénétration

On y figure, en fonction de la profondeur, les valeurs de la résistance de pointe à la pénétration (R_p), de la résistance au frottement latéral (R_f), dans le cas d'un essai de pénétration statique ; les valeurs de la résistance dynamique (R_d), dans le cas d'un essai de pénétration dynamique (figure 4).

c. L'essai de cisaillement au scissomètre

On indique, pour chaque profondeur d'essai, la valeur mesurée de la cohésion apparente (C).

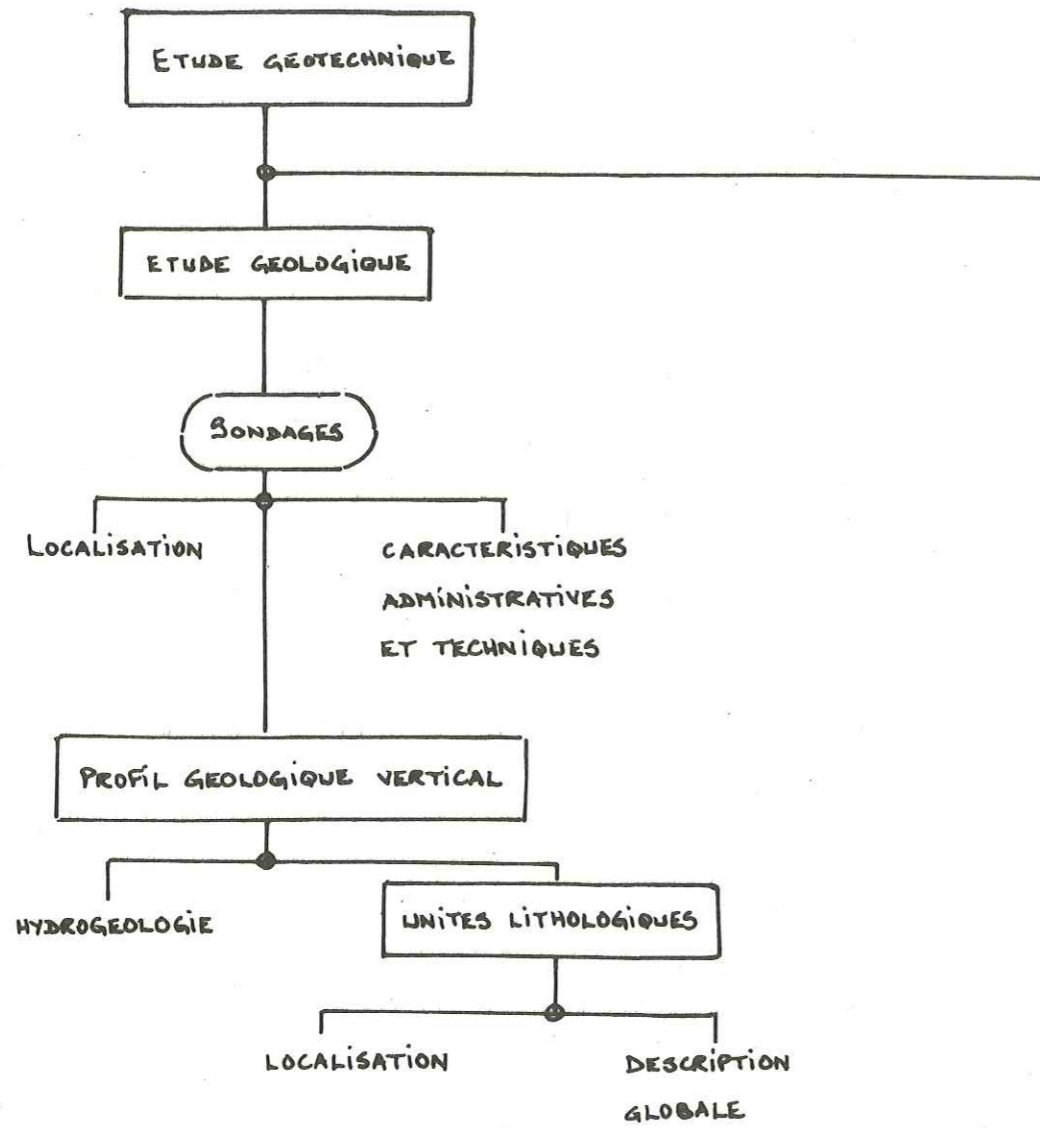
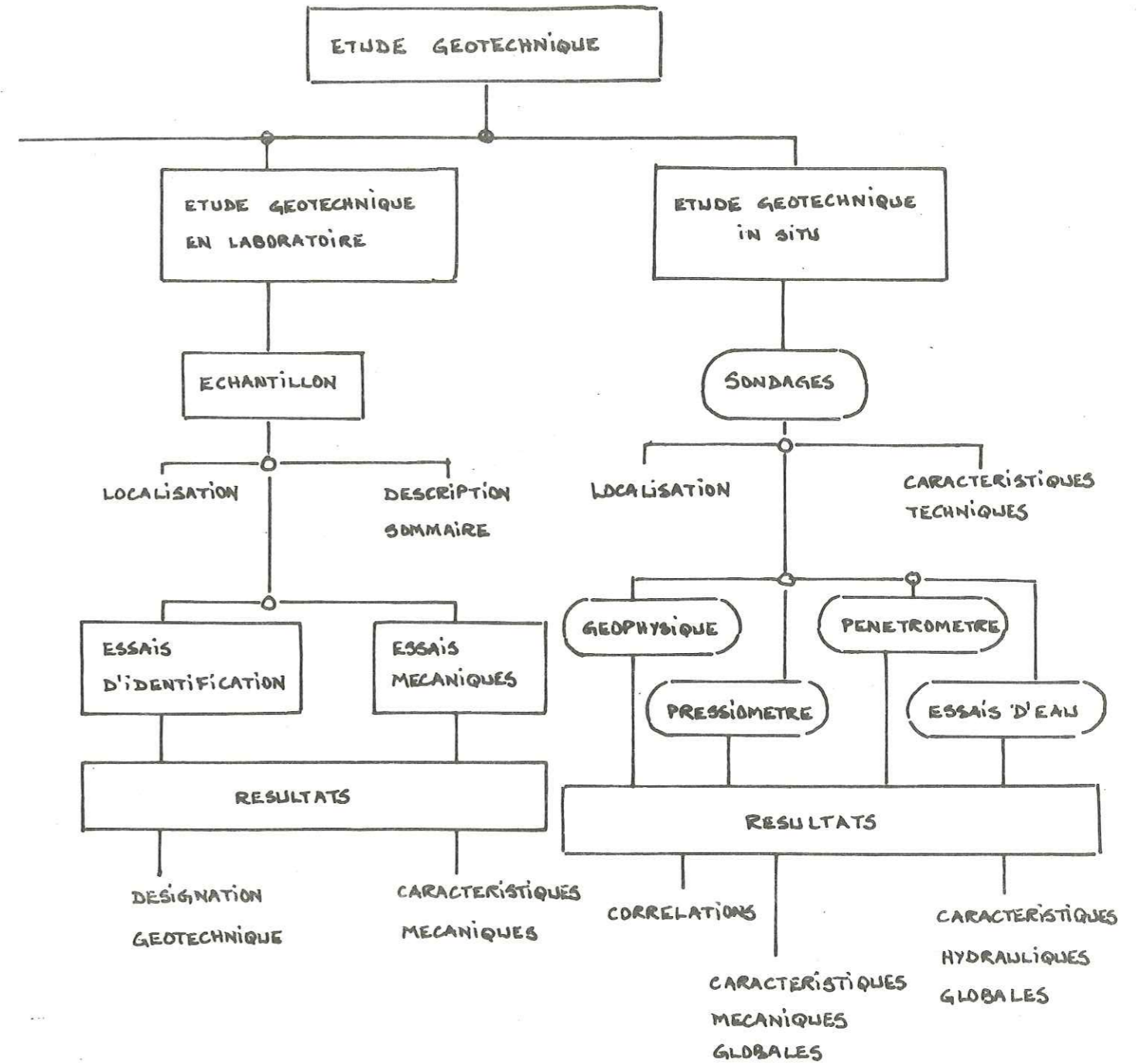


FIGURE 12, ORGANISATION DE L'INFORMATION GEOTECHNIQUE,



d. Les essais d'eau

Ils peuvent avoir des modes de représentation très divers. Nous retiendrons pour les cas intéressant l'étude géotechnique, les résultats des essais qui ont pour but les mesures de la perméabilité (K) d'un terrain. Les valeurs de cette perméabilité sont notées en fonction de la profondeur, et pour chaque ensemble lithologique.

Notons le cas de l'essai Lugeon, où les résultats sont exprimés en "unités Lugeon" (10 l/mn/m), permettant seulement de comparer les roches in situ par leur aptitude à absorber de l'eau dans des conditions standard (pendant 10 mn et sous 10 bars).

e. La prospection géophysique

Les courbes brutes résultant des essais sont rarement mentionnées. Le plus souvent l'auteur présente leurs résultats sous forme de coupes interprétatives, accompagnées ou non des tableaux de valeurs correspondantes. Par exemple, pour un terrain donné : sa nature interprétée, son épaisseur, la vitesse de propagation des ondes sismiques qui la caractérise, dans le cas d'une prospection sismique ; la fourchette des valeurs de sa résistivité, dans le cas d'une prospection électrique.

5. Conclusion

Ces divers rappels concernant les informations délivrées par l'étude géologique et géotechnique d'un site nous ont permis de préciser les étapes du déroulement des reconnaissances (Figure 1), ainsi que les techniques mises en oeuvre à ces fins.

L'examen détaillé des divers types de reconnaissances utilisées et des mesures en résultant permet de définir une certaine "organisation de l'information géotechnique", illustrée en figure 12, qui, nous pourrions le voir plus loin (chapitre 2, § 2.1.) conditionne effectivement son mode de stockage.

Chapitre 2

LE STOCKAGE DE L'INFORMATION GEOTECHNIQUE

1. Les moyens informatiques

1.1. Généralités

Au fil des travaux exécutés dans les zones urbaines en pleine expansion, un nombre croissant de documents géologiques et géotechniques s'accumule, dispersés dans de nombreux organismes. Il est souvent difficile, voire impossible, dans ces conditions, d'avoir accès rapidement à une information globale.

Certains organismes (1), conscients de cet état de fait, ont tenté d'y remédier par divers moyens (archivage, mise en fiches, microfilms) dont aucun ne semble avoir donné satisfaction. Ils ont donc été conduits à choisir l'outil informatique pour traiter cette masse de documents inexploités.

L'emploi de l'informatique présente en effet d'énormes avantages : en plus du stockage des données disponibles, elle permet certaines recherches sélectives à partir de critères préétablis, la restitution rapide de l'information stockée, le traitement des données en vue d'études statistiques ou de leur restitution sous diverses formes graphiques (cartes, coupes géotechniques).

1.2. L'outil informatique

1.2.1. Présentation d'un ordinateur

L'ordinateur est une machine conçue à l'origine pour résoudre essentiellement des problèmes numériques. Très vite, il s'est révélé d'une grande utilité dans d'autres domaines (gestion, tri de données, simulation analogique).

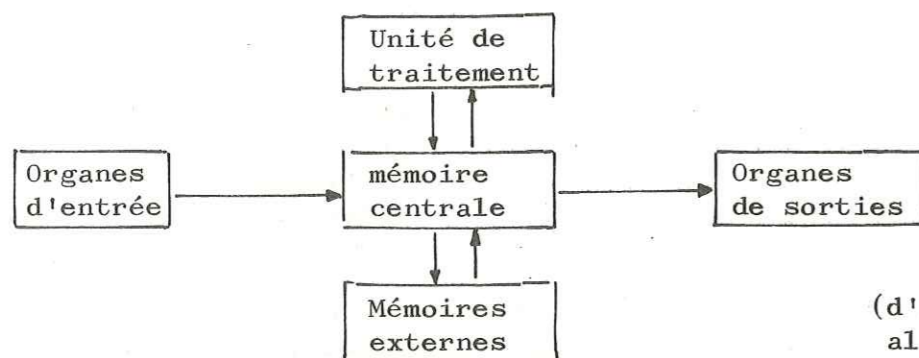
Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- l'importance de la " mémoire " : un grand nombre d'informations peut y être stocké simultanément et être directement disponible ;
- la rapidité du traitement de ces informations.

(1) Laboratoire Régionaux des Ponts et Chaussées, Ecole des Mines de Paris, Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques de Nancy, Institut de Mécanique de Grenoble.

Le traitement consiste en une succession d'opérations élémentaires, dont chacune est commandée par une instruction. La suite logique de ces instructions constitue un programme, écrit suivant des règles strictes qui définissent un langage.

L'ordinateur peut se représenter de façon succincte par le schéma suivant, où les flèches symbolisent les échanges d'informations :



(d'après M. LENCI et al. in P. LAFFITTE, 1972)

1.2.2. Les supports de l'information

L'ordinateur que nous avons utilisé est le modèle IBM 1130 de l'Institut de Mécanique de Grenoble. Pour les questions qui nous concernent (traitement et visualisation des données de sondages), les caractères de performance de la machine sont liés, pour l'essentiel, à la configuration de ses organes périphériques (traceur, imprimante).

a. Les supports d'entrée de l'information

Dans la plupart des opérations effectuées sur l'IBM 1130, la carte perforée reste le support essentiel. Son utilisation est inévitable lorsque les informations à introduire en machine sont nombreuses (programmes, données).

Pour des opérations plus ponctuelles, le pupitre de l'IBM 1130 est équipé d'une machine à écrire secondant le lecteur de cartes pour la commande des programmes. Ce système permet d'instaurer une sorte de "dialogue" entre la machine et l'utilisateur, celui-ci pouvant modifier ses instructions au coup par coup, sans manipulation préalable (perforation).

b. Le support de stockage de l'information

Les données sur lesquelles nous avons travaillé et leurs programmes de traitement sont stockées sur le disque magnétique dont est équipé l'ordinateur IBM 1130.

c. Les supports de sorties de l'information

Parmi les organes périphériques de l'IBM 1130, l'imprimante permet l'édition des informations mises en page et datylographiées. Toutefois les sorties graphiques restent les formes de restitution les plus appréciées par le géologue.

Nous disposons, parmi celles-ci, d'une console de visualisation, constituée d'un tube cathodique à mémoire. Cette configuration, très utilisée dans certains cas (G. GROS, 1975, G. PILOT, 1975), ne nous a pas beaucoup servi : les dimensions maximales du tracé (20 cm) n'offrant pas un champ de visualisation assez important.

L'utilisation du traceur semble plus intéressante dans notre cas, puisqu'elle permet l'édition de plans, coupes et cartes sur le support choisi (calque, fond topographique).

1.3. Quelques notions de base du traitement de l'information : structure de l'information organisée (définitions)

Si l'utilisateur peut choisir le système de stockage qui convient à ses travaux, il doit se soumettre en revanche au matériel qui est à sa disposition, et surtout fixer au préalable la structure des informations qui vont être stockées. Cette structuration est indispensable à tout traitement de données. Nous nous proposons d'en rappeler ici quelques définitions (M. LENCI et al., 1972).

1.3.1. L'élément (ou item)

Il représente l'information de base, non sécable en parties plus fines. On le caractérise par un nom. Par exemple : l'élément "Type de sondage".

1.3.2. Le groupe

Pour faciliter l'accès à plusieurs informations relatives à un même objet, on définit le groupe comme un ensemble d'éléments, lui-même désigné par un nom. Par exemple : le groupe "Caractéristiques Administratives" comprenant les éléments suivants :

- "Nom du chantier - But des reconnaissances" ;
- "Date d'exécution" ;
- etc.

1.3.3. L'article (ou enregistrement logique)

C'est un ensemble d'éléments relatifs à un objet déterminé. Par exemple : un sondage ou un échantillon. La longueur d'un article peut être fixe ou variable. Ce choix est déterminé par le type d'organisation du fichier dont la définition suit.

1.3.4. Le fichier

C'est un ensemble d'articles relatifs à des objets de même type. Par exemple : notre fichier "Identification" rassemblant les résultats des essais d'identification des échantillons.

1.3.5. Les bases de données et banques de données

Une base de données est un ensemble de fichiers relatifs à une application ou un système de gestion déterminé. Une banque de données (ou système d'information) est l'ensemble des applications d'un ordinateur relatives à une base de données. Ces applications consistent essentiellement dans le stockage, la recherche sélective et l'édition d'informations.

2. Adaptation et choix des données

Dans la pratique la plus courante, l'information géologique et géotechnique, issues des reconnaissances effectuées en place ou en laboratoire, est consignée dans divers rapports et dossiers. Plus rarement, cette information peut être recueillie sur le terrain lors de visites de fouilles ou de tranchées. Dans tous les cas, les données sont recueillies par des personnes dont la compétence ou la spécialité peut varier : un même terrain peut, par exemple, être décrit de manière différente par un géologue, un spécialiste en mécanique des sols ou un sondeur.

Ces différences de "langage" ou de conception de l'étude introduisent nécessairement une certaine hétérogénéité dans le contenu de l'information recueillie.

2.1. Structure de l'information brute

Les difficultés d'approche sont de deux ordres et paraissent liées aux différents aspects de l'information brute.

2.1.1. L'aspect informel des données

Nous venons de voir que la description géologique d'un sondage pouvait différer d'un auteur à l'autre pour un même ensemble lithologique. Les mêmes remarques peuvent être formulées en ce qui concerne les essais géotechniques en place ou en laboratoire.

Citons le cas d'un essai de pénétration non normalisé, avec, par exemple, l'indication du nombre de coups nécessaire à un enfoncement donné du tubage au cours de sondages au battage. Si quelquefois le matériel est décrit, le plus souvent, ce renseignement n'a qu'une valeur indicative.

Il est difficile en pareil cas de prendre en compte ce type d'information à moins d'en noter tous les détails. C'est la loi du tout ou rien.

Ceci fait apparaître la nécessité d'une certaine "formalisation des données" (P. Laffitte, Ph. Grandclaude, 1972). Cette mise en forme est de fait liée à l'objectif et à la nature du traitement que l'on veut faire subir à l'information.

2.1.2. L'aspect sélectif des données

Si la présentation et la qualité des informations peuvent varier selon la spécialité ou la compétence de leur auteur, nous devons admettre que la quantité des données délivrées par une étude dépend essentiellement de ses objectifs. Le fait que ces informations paraissent sélectionnées, avant même leur collecte, est inévitable, et bien compréhensible.

Nous rencontrons ici la première difficulté d'importance, puisque, compte tenu des données disponibles, nous devons prendre la décision:

- . soit d'élargir notre fichier pour éviter toute perte d'information au niveau de la collecte des données ;
- . soit d'aménager sa structure pour ne conserver que des données schématiques en perdant du même coup une partie des données initiales.

Dans le premier cas, la sélection des informations au stade de la documentation a pour conséquence une perte de place certaine en mémoire. Le second cas demande un temps important de préparation des documents, leur exploitation en est retardée d'autant.

2.1.3. Les relations entre données

On peut, malgré une certaine hétérogénéité apparente, définir une structure des informations délivrées par un sondage (B. Guiennet, 1976). Nous distinguerons parmi celles-ci trois "niveaux" :

- . tout sondage est défini par sa localisation, ses caractéristiques administratives, ses caractéristiques techniques. Ces données générales caractérisent "l'individu sondage", qui constitue le premier niveau d'information. Ces données ne se répètent pas pour un même sondage.
- . par contre, un sondage peut contenir plusieurs couches, avec leurs propres caractéristiques (nature, épaisseur, etc.). Nous avons là un deuxième niveau d'information concernant "l'individu couche", dont la répétitivité est fréquente.
- . chaque couche peut faire l'objet de prélèvements d'échantillons, dont on mesure les caractéristiques géotechniques. On définit ainsi un troisième niveau pour "l'individu échantillon", dont la répétitivité est également fréquente.

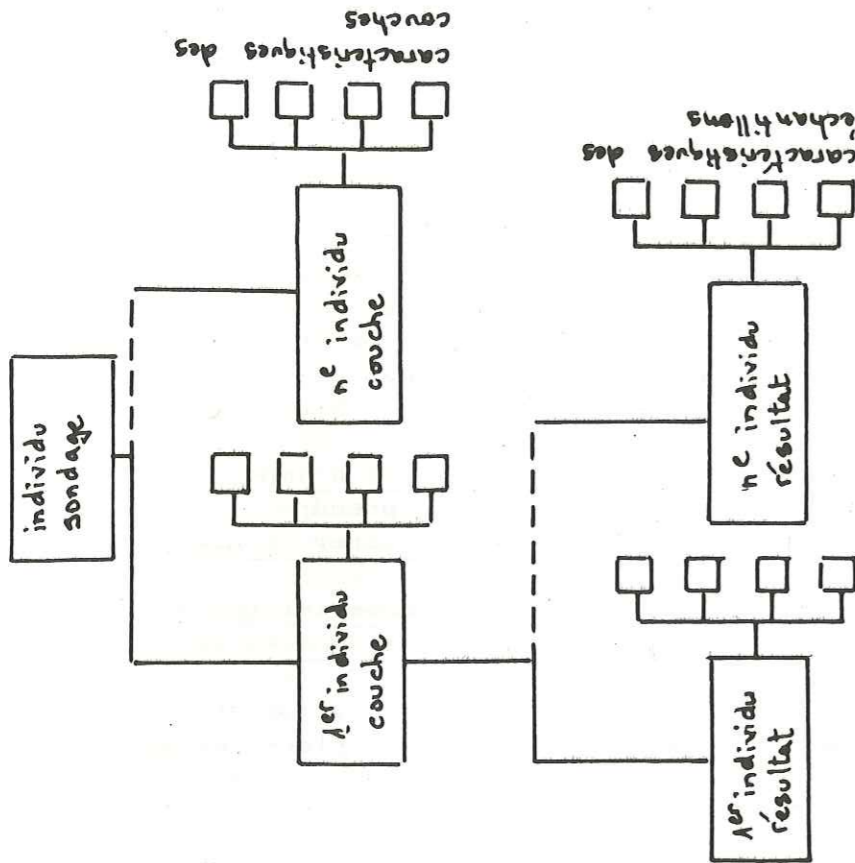


FIGURE 13 / STRUCTURE ARBORESCENTE DE L'INFORMATION GEOTECHNIQUE (D'APRES B. GUIENNET, 1976).

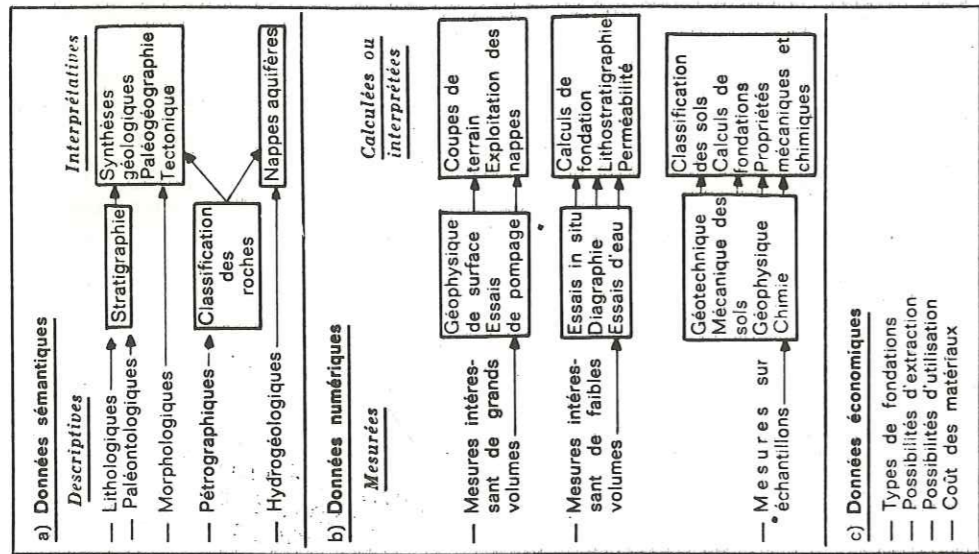


Tableau 1 : Types de données (d'après A. de Ragueneil, 1973)

Les relations entre données de sondages sont résumées en figure 13. Ce type de structure est dit "structure arborescente". Ses exemples sont nombreux en géologie (T.V. Loudon, 1971).

2.1.4. Les différents types de données

Au stade de la documentation, l'information géotechnique comprend trois types principaux de données (A. de Ragueneil, 1973, S. Ghiste, 1974):

- "les données stables dans le temps et intéressant un volume de sol bien défini dans l'espace ;
- les données résultant d'une interprétation ou découlant de données définies par des lignes ou surfaces ;
- les données économiques et techniques."

Parmi ces données, nous pouvons distinguer :

- les "données sémantiques" au sens de P. Laffitte (1968), résultats de l'analyse sémantique d'une phrase. Ce peut être le cas d'une description lithologique ou d'une interprétation géologique ;
- les données numériques, résultats de mesures ou calculs.

Les détails de cette énumération sont résumés dans le tableau 1.

2.2. Adaptation de l'information brute

On peut d'ores et déjà concevoir qu'il ne sera pas possible de traiter l'information géotechnique sur ordinateur dans son état archivé. Sa conservation et son traitement nécessiteront une certaine "formalisation".

Dans le cas de données numériques (par exemple : la profondeur ou l'épaisseur d'une couche), l'effort d'adaptation est déjà réalisé en grande partie lors de leur collecte. Lorsque les données proviennent de sources diverses il faut, pour obtenir une certaine homogénéité de l'information, soit en perdre une partie, soit reprendre une série d'analyses partielles.

2.2.1. La formalisation des données

Examinons les processus de formalisation envisageables pour chaque type de données défini précédemment :

- les données numériques ;
- les données graphiques ;
- les données sémantiques.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

a. Les données numériques

Elles se traduisent par un nombre, dont on peut bien sûr discuter la validité. Leur formalisation ne semble pas poser de problème. Chaque donnée se définit au sein de l'enregistrement logique par un nom, un format d'entrée en machine, une valeur. Par exemple : la profondeur d'une couche donnée d'un sondage (Tableau 2).

Nom	Format	Valeur
IPRØF	(I4)*	0125 (12,5 m)

Tableau 2 :

Formalisation d'une donnée numérique

b. Les données graphiques

Quelque soit le système d'axes définissant le graphe, chacun de ses points est décrit par un couple de valeurs, que l'on peut noter comme des données numériques. Nous sommes ainsi ramenés au cas précédent. Par exemple : la valeur de la résistance de pointe à la pénétration mesurée à une profondeur donnée (Tableau 3).

Nom	Format	Valeur
IRP	(I3)	060 (60 bars)

Tableau 3 :

Formalisation d'une donnée graphique

c. Les données sémantiques

La formalisation des données de ce type est moins immédiate. Leur stockage peut se faire sous deux formes :

- . en conservant l'intégralité de l'information ;
- . en la résumant par un code.

Quelque soit la forme choisie, lorsqu'il s'agit de noter, par exemple, le nom du projet à l'origine de l'étude, la tâche est simple. Comme précédemment, on attribue à chaque donnée un nom, un format d'entrée en machine, une valeur, ici "alphabétique" (Tableau 4).

* Le format (I4) signifie que la valeur IPRØF est lue comme un chiffre entier de 4 caractères.

Nom	Format	Valeur
NOM(I)	(18A2)	VILLENEUVE

Tableau 4 :

Formalisation d'une donnée sémantique

Dans le cas d'une description lithologique, cette mise en forme nécessite une analyse sémantique fine de l'ensemble des mots formant la phrase et des relations (niveaux syntaxiques) existant entre eux (J.C. Dumort, 1968, P. Laffitte, 1969).

Cette analyse aboutit à l'élaboration de lexiques, qui, pour être efficaces, doivent être complets et précis. En tenant compte de l'existence des niveaux syntaxiques, ils doivent permettre :

- . la normalisation de toute description lithologique ;
- . l'élaboration de codes à partir des termes des lexiques.

Ce travail peut également être mené dans d'autres domaines intéressant les données sémantiques délivrées par le sondage (domaines techniques, administratifs). L'utilisation de la forme codée dépend alors essentiellement du type de fichier que l'on choisit de réaliser (chapitre 2, § 3.1.2.).

2.2.2. Le codage

a. Ses avantages

Quelque soit le type de code choisi, il faut bien admettre, qu'outre la réduction de l'encombrement du fichier sur son support physique, le codage présente sur le plan technique des avantages considérables (R. Savary, 1973).

* Gain de temps d'exploitation

La mise en forme condensée et normalisée de l'information, par utilisation d'un ou plusieurs codes, permet d'optimiser, de manière notable, les temps d'accès à l'information. Ajoutons qu'en cas de recherches sélectives, les tests de comparaison mis en jeu opèrent plus efficacement sur des données codées que sur des textes "en clair".

* Diminution du nombre des programmes d'exploitation

La normalisation des données obtenues par codage est tout à fait adaptée au système de programmation informatique, qui voudrait atteindre un nombre maximum d'informations (données) avec un nombre minimum d'instructions (programmes).

b. Ses inconvénients

Force est de constater que le codage rend la saisie des données longue et fastidieuse. Ceci est d'autant plus ennuyeux que les erreurs produites à ce niveau de leur traitement sont difficilement décelables, sinon par la machine elle-même. On peut pallier ces inconvénients en envisageant un processus d'autocodage. L'information est alors entrée en machine sous forme claire, mais ordonnée. L'ordinateur établit automatiquement les correspondances entre les termes ordonnés du texte en clair et les termes des lexiques déjà en machine. Si le déroulement des opérations de stockage s'allonge quelque peu, les données ainsi traitées sont plus fiables.

c. Présentation des codes utilisés

La plupart des données sémantiques sont représentées, dans notre cas, par les divers compléments d'informations que peut contenir un dossier d'étude géotechnique. Il s'agit, par exemple, du but des reconnaissances, du type de sondage effectué, du mode d'échantillonnage. Dans chaque domaine répertorié, a été dressé une liste, non exhaustive, des cas susceptibles de se présenter. Lesquels cas, numérotés, ont servi de base au système de codage.

Pour les descriptions lithologiques, nous avons choisi de différencier les termes lithologiques des termes descriptifs ; les premiers définissant la nature du sol ou de la roche, les seconds, un ou plusieurs de ses caractères (couleur, mode de gisement, etc.). Nous avons ainsi établi une liste succincte des divers types de sols et roches intéressant le site de Grenoble. Pour chacun de ces types, nous avons répertorié les termes descriptifs le plus souvent rencontrés. La description lithologique d'un sol ou d'une roche tient alors en deux lettres. Cette méthode n'est pas idéale, nous envisagerons sa critique plus loin (chapitre 3, § 3.1.6.).

2.2.3. Les pertes d'informations

Nous avons pu examiner les conséquences des différents aspects premiers de l'information brute (manque de forme, sélection des données) : les pertes d'informations entre le stade documentaire et la traduction en langage-machine sont inévitables. Deux solutions s'offrent à nous pour pallier ces inconvénients :

- . le codage des données sémantiques pour en permettre une certaine normalisation ;

- . l'aménagement, pour tous les types de données, d'une structure d'accueil assez large afin de perdre le moins d'informations possible.

Ces solutions restent malgré tout très imparfaites. Nous allons donc proposer certaines améliorations.

a. Les données sémantiques

Si nous avons choisi l'utilisation d'un code pour adapter les descriptions lithologiques, souvent nuancées, à la rigueur d'un système informatique, nous devons recommander l'intervention d'un spécialiste dans cette tâche. Celui-ci aura l'expérience d'un géologue ou d'un mécanicien des sols ou des roches, pour appréhender ce type d'information avec le bon sens critique indispensable en ce cas.

Nous avons vu également que les erreurs restaient malgré tout inévitables. Là encore, il ne faut pas hésiter à rejeter un résultat aberrant, même s'il provient d'un traitement automatique.

b. Les données numériques et graphiques

Si la formalisation de ces types de données ne semble pas poser de problème, nous avons pu constater que leur aspect sélectif, dès le stade documentaire, nous contraignait à choisir entre deux solutions apparemment peu adéquates :

- . soit préparer un fichier assez large pour recevoir tous les cas envisageables ;

- . soit réduire sa capacité et ne conserver que des données schématiques. Nous n'avons retenu aucune de ces deux options pour les raisons exposées ci-dessus (chapitre 2, § 2.1.2.).

La solution choisie est intermédiaire (chapitre 2, § 3.1.2.). Elle nous permet :

- . de conserver les valeurs caractéristiques des résultats de certains essais, en ignorant le calcul ou la construction graphique intermédiaire. Par exemple : les densité sèche et teneur en eau optimales (γ_{dOPT} , W_{OPT}), obtenues à l'essai Proctor. Ces valeurs sont les seules parties notées de la courbe $\gamma_d = f(W)$.

- . de retenir, lorsque cela nous semble nécessaire, l'ensemble des valeurs d'un essai qu'elles paraissent sous forme de courbes ou non. Nous notons, par exemple, point par point, la courbe granulométrique, les courbes de consolidation à l'oedomètre, les graphiques pénétrométriques, etc.

2.3. Le choix des données

2.3.1. Les objectifs du fichier

Au cours de notre étude sur le sous-sol de Grenoble, nous avons pu constater les difficultés d'accès à l'information en général, celle-ci étant répartie dans les archives de nombreux organismes. Nous avons été conduits de ce fait à choisir l'outil informatique pour nous aider à rassembler ces renseignements, toujours trop dispersés pour être rapidement disponibles. La décision a été prise de conserver sur ordinateur les données de sondages exécutés sur le site de Grenoble à la suite des travaux de J.L. Favre (1972) sur l'application des probabilités-statistiques aux problèmes de mécanique des sols.

Les objectifs de notre fichier peuvent se résumer comme suit : "stocker les données géologiques et géotechniques de façon à pouvoir les retrouver aisément ou à en sélectionner certaines en vue de les utiliser à des fins diverses, parfois inconnues a priori." (P. Laffitte, 1968). Plus précisément, nous souhaitons utiliser le fichier aux fins suivantes :

- . effectuer une présynthèse des études géologiques et géotechniques du sous-sol de Grenoble, menées par B. Couturier (1974) sur le Bas-Grésivaudan, et H. Margalhan-Ferrat (1975) sur la Cluse de l'Isère;
- . préparer un ensemble de programmes d'exploitation pour la production de documents de travail, avec notamment :
 - + l'édition rapide de données générales ou particulières pour des études locales ;
 - + le dessin automatique ou semi-automatique de cartes, plans et coupes pouvant servir à d'autres études géologiques et géotechniques en cours, sur le Grésivaudan (J.P. Bozonnet, thèse à paraître), sur la région sud de Grenoble (P. Talloni, thèse à paraître), et sur la région de Voreppe (G. Balestra, thèse à paraître).
- . aménager une structure d'accueil pour les données géologiques et géotechniques en vue de recherches ultérieures.

2.3.2. Le choix des données

a. Choix des types de données

Celles-ci peuvent être de différents types (chapitre 2, § 2.1.4.). Compte tenu des objectifs de notre fichier, nous nous sommes limités au stockage des données du premier type, issues de sondages : "les données stables dans le temps et intéressant un volume de sol bien défini dans l'espace" (A. de Ragueneil, 1973). Nous avons choisi de conserver :

- . les données sémantiques strictement descriptives, pour laisser ainsi à l'utilisateur la part d'interprétation qui lui revient ;
- . les données numériques, mesurées ou calculées, pour ne pas perdre le bénéfice des calculs et de leur interprétation, dont nous indiquons l'auteur par ailleurs.

Nous reviendrons plus en détails sur les données de deuxième et troisième types, celles-ci pouvant faire l'objet de prolongements éventuels du fichier.

b. Conservation des niveaux d'information

Le fait que l'information géotechnique ait une structure dite "arborescente" (figure 13) nous semble important. Sont ainsi définis les liens existant entre les différents individus porteurs d'informations (sondage, couche, échantillon). Nous conserverons donc ces niveaux d'information, puisque notre fichier fait état des mêmes individus s'agencant de la même manière. Nous décrirons plus loin les relations envisageables entre ces divers individus (chapitre 2, § 3.2.3.).

3. Adaptation et choix du fichier

3.1. Les exigences du fichier géotechnique

3.1.1. Les obligations dues aux traitements envisagés

La majorité des traitements que l'on se propose d'effectuer reposent, pour l'instant, sur le principe des recherches sélectives : les données sont sélectionnées, en premier lieu, sur les critères de localisation des sondages. L'allure générale des questions que l'on peut poser est alors : quels sont les sondages situés entre telles et telles coordonnées Lambert ? Quels renseignements délivrent-ils ? Il est nécessaire, dans ce cas, d'ordonner la lecture systématique de tous les enregistrements, puisque nous n'avons procédé à aucune opération de tri au préalable. Seule une organisation séquentielle des fichiers peut convenir à ce type de traitement.

3.1.2. La solution choisie

a. Une organisation séquentielle des fichiers

Les éléments d'information sont groupés en enregistrements logiques de longueur fixe, dits "enregistrements en format fixe" (tous constitués du même nombre de caractères).

Cette méthode présente un avantage certain, lorsque la lecture de tous les articles est nécessaire. C'est le cas (fréquent) des recherches sélectives : les enregistrements sont lus de manière systématique, puis sélectionnés suivant des critères établis par l'utilisateur. Par exemple : la recherche systématique du premier niveau de galets rencontré en sondage. L'accès aux informations est alors plus aisé, puisque la place de chacune d'entre elles est définitivement fixée au sein de l'enregistrement logique.

L'inconvénient majeur de cette méthode est, d'une part, la nécessité de lire chaque enregistrement qu'il soit intéressé ou non par les critères de sélection ; d'autre part, l'obligation de réserver, pour chaque information, une longueur d'enregistrement maximale (nombre de caractères maximal). La place ainsi perdue sur le support physique est importante lorsque les informations sont fragmentaires.

Partant du principe que la perte de place sur le support physique, à condition qu'elle ne soit pas abusive, est moins gênante qu'une organisation de fichier ne se prêtant pas à la sélection des données, nous avons choisi d'organiser notre fichier de manière séquentielle. Chaque enregistrement est alors en format fixe (longueur fixe).

b. Des enregistrements en format fixe

Nous avons pour cela défini un encombrement maximal (nombre de caractères maximal) pour chaque type de donnée, numérique et sémantique. Nous recommandons, par exemple, de noter, pour chaque sondage, en un maximum de 36 caractères et en abréviations les plus claires possibles, le but des reconnaissances. L'expérience nous montre que cela est suffisant. Les données sémantiques, issues des descriptions lithologiques délivrées par les sondages, sont notées, sous forme codée, par deux caractères alphabétiques (chapitre 2, § 2.2.2.). Nous avons ainsi adapté ces données au format de type fixe.

Nous devons accepter malgré tout certaines pertes de place sur le support physique, puisqu'il est vrai que la plupart des informations intéressant l'étude géotechnique apparaissent toujours en nombre variable.

3.2. Adaptation du fichier

3.2.1. Les bases de travail

a. Forme du premier fichier réalisé

Un premier stockage des données géologiques et géotechniques sur ordina-

teur a été conçu à l'initiative de G. Biguenet, M. Dayre et J.L. Favre (1970), à l'Institut de Mécanique de Grenoble. Ce stockage concernait les données fournies par un nombre déjà important de reconnaissances effectuées sur le site de Grenoble. Quatre fichiers avaient pu être mis en projet :

- . un fichier "Echantillons" dans lequel étaient portées les propriétés géotechniques des échantillons et qui regroupait donc les données ponctuelles ;
- . un fichier "Sondages" regroupant les données à une dimension obtenues lors des sondages de reconnaissances ;
- . un fichier "Profils" dans lequel étaient consignées les données à deux dimensions obtenues lors de l'exécution des reconnaissances géophysiques ;
- . un fichier "Données Générales" où étaient regroupées les données sémantiques concernant, par exemple, les observations qualitatives sur la nature géotechnique des sols, sur le comportement des ouvrages, tassements et accidents, et les observations de géologie fondamentale. (d'après G. Biguenet et al., 1970).

b. Niveau de notre intervention

Des quatre fichiers décrits ci-dessus, seuls les deux premiers avaient pu être réalisés :

- . le fichier "Echantillons" ;
- . le fichier "Sondages".

Parmi ceux-ci, seul le fichier "Sondages" regroupait des données concernant le site de Grenoble. Le fichier "Echantillons" servait de base de données pour les travaux de J.L. Favre sur l'application des probabilités-statistiques aux problèmes de mécanique des sols (1972), et conservait les caractéristiques d'échantillons de provenances diverses.

C'est à ce point de réalisation que nous sommes intervenus, en choisissant de compléter la base de données encore à l'état d'ébauche en nous restreignant à la ville de Grenoble et sa grande banlieue.

3.2.2. Le fractionnement en fichiers multiples

La structure de l'information géotechnique, telle que nous avons pu la décrire (figure 12), et un rapide inventaire des traitements possibles nous ont amenés à fractionner le fichier général en sept fichiers élémentaires.

a. Les raisons de ce choix

Nous aurions pu regrouper en un même fichier toutes les données géologiques et géotechniques susceptibles d'être stockées. Mais cette solution

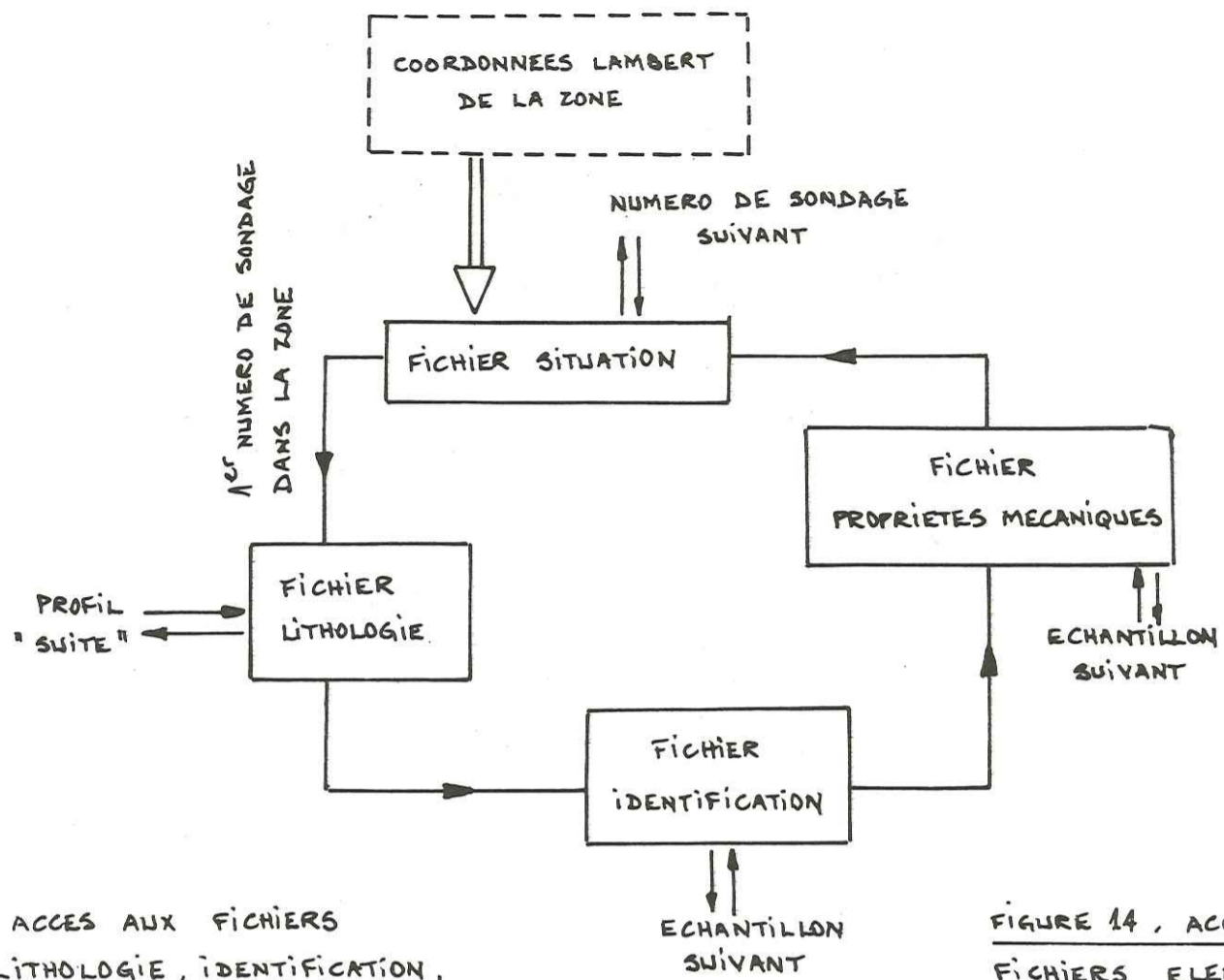


FIGURE 14a, ACCES AUX FICHIERS SITUATION, LITHOLOGIE, IDENTIFICATION, PROPRIETES MECANIKES.

FIGURE 14, ACCES AUX FICHIERS ELEMENTAIRES.

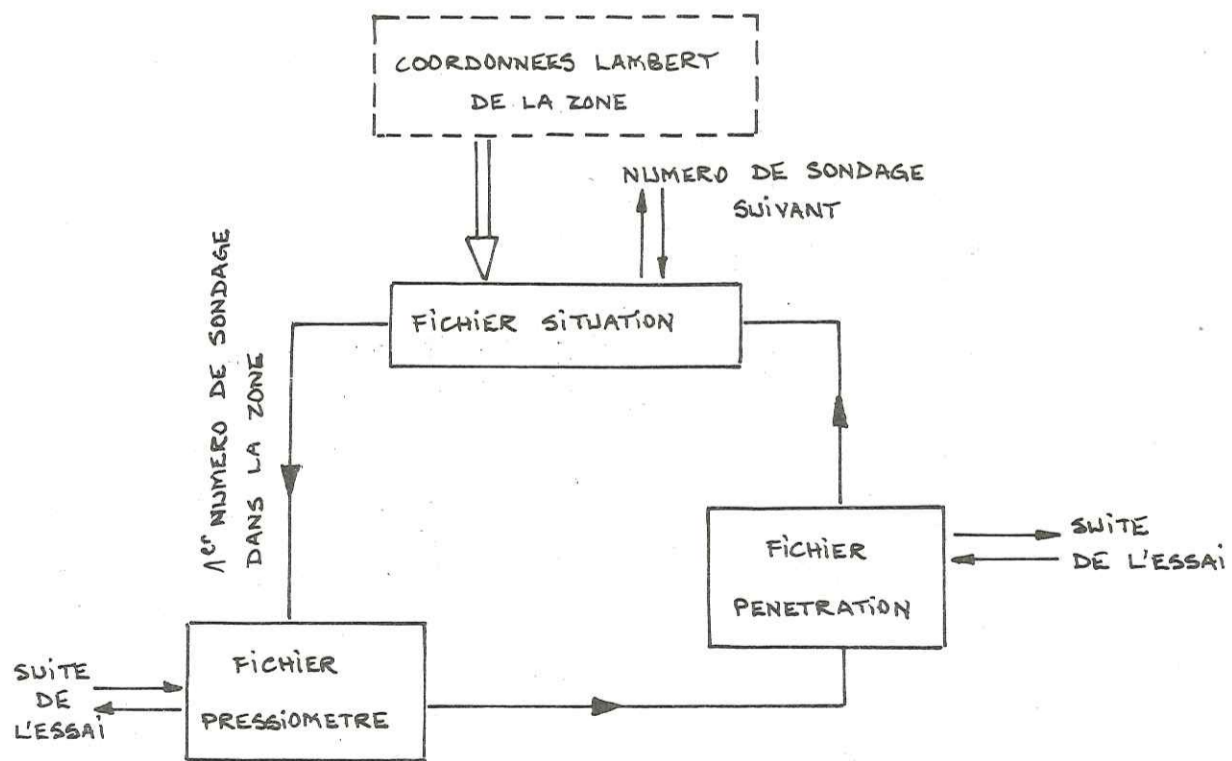


FIGURE 14b, ACCES AUX FICHIERS PENETRATION ET PRESSIOMETRE.

n'aurait fait qu'alourdir les traitements ultérieurs et leur programmation. L'ordinateur peut bien sûr être considéré comme une machine à classer très efficace, mais la conception même de ce classement et de son exploitation reste du ressort de l'esprit humain. Pour des raisons donc de commodité, nous avons choisi d'ordonner les données avant même leur entrée en machine.

b. Les fichiers réalisés

Nous avons ainsi réalisé sept fichiers différents :

- . le fichier "Situation" réunissant les données de localisation géographique et les caractéristiques administratives du sondage ;
- . le fichier "Lithologie" qui regroupe les données géologiques du sondage ainsi que ses caractéristiques techniques ;
- . le fichier "Identification" consignant les données d'identification du matériau, mesurées sur échantillon ;
- . le fichier "Propriétés Mécaniques" qui rassemble les caractéristiques mécaniques de l'échantillon, mesurées en laboratoire ;
- . le fichier "Pressiomètre" regroupant les caractéristiques mécaniques du sol, mesurées en place par essais pressiométriques ;
- . le fichier "Pénétration" qui rassemble les résultats des essais de pénétration effectués en place ;
- . le fichier "Nappe" qui résume les relevés piézométriques régulièrement effectués sur la plaine de Grenoble.

3.2.3. Structuration des articles

Nous avons pu analyser, à la suite de B. Guiennet (1976), les différentes relations existant entre les "individus" sondage, couche et échantillon, et les "niveaux d'information" qu'ils constituent (chapitre 2, § 2.1.3. et 2.3.2.). Ces liens existant entre les différents niveaux d'information sont ceux régissant les relations entre fichiers. Chaque sondage répertorié se voit attribuer un numéro propre dès son inscription au fichier "Situation". Ce numéro sert de "clé" pour rassembler les données qui le concernent, dispersées dans les autres fichiers élémentaires. L'accès à l'ensemble des fichiers s'organise suivant le schéma décrit par les figures 14-a et 14-b.

3.2.4. Rangement des articles

Du fait de l'importance locale de notre fichier et de la nécessité d'interroger de manière séquentielle l'ensemble des fichiers élémentaires, l'ordre de rangement des articles nous paraissant le plus logique est l'ordre chronologique.

Chaque sondage répertorié est numéroté, et ses données alimentent les fichiers élémentaires intéressés suivant leur ordre chronologique d'arrivée au sein du fichier général. Il n'y a pas lieu ainsi de modifier l'ordre des articles à chaque mise à jour de la banque de données.

Chapitre 3

CONCEPTION DU FICHER GENERAL

1. Généralités

Toute campagne de reconnaissances n'exige pas une étude complète et détaillée du site. Dans certains cas, une simple reconnaissance géologique suffit, dans d'autre cas, les investigations peuvent être poussées plus avant : campagne piézométrique, profils géophysiques, essais d'identification du sol, mesures des propriétés mécaniques du sol en place ou en laboratoire. Il semblait tout à fait inutile, pour des raisons d'organisation de leur stockage, de conserver en bloc toutes les informations relatives à un même sondage (chapitre 2, § 3.2.2.).

Nous avons donc choisi de réaliser, en cette première étape, sept fichiers élémentaires rassemblant au total les données délivrées par un sondage (fichiers : Situation, Lithologie, Identification, Propriétés Mécaniques, Pressiomètre, Pénétration, Nappe). Ces ensembles peuvent fonctionner indépendamment les uns des autres : chaque fichier peut, par exemple, être interrogé individuellement. Rappelons que cette organisation permet un gain de temps certain pour accéder aux informations et facilite, par conséquent, leur traitement.

Avant leur stockage proprement dit, les données intéressant chaque fichier sont groupées sur cartes perforées. Sept types de cartes ont été définies, correspondant chacun à un fichier particulier. Les cartes sont conçues en format fixe : chaque zone est réservée à une information précise. A chaque type de carte correspond un bordereau de perforation, dont chaque ligne représente une carte perforée. Sept types de bordereaux ont été définis de la même manière. Au dépouillement du dossier, l'utilisateur rempli alors le bordereau intéressé par les données en respectant les zones réservées à chaque information.

Ainsi tout sondage saisi en dossier se voit attribuer un numéro propre qui permettra de relier entre eux les fichiers ouverts à ce numéro. Il alimente ainsi, dès son dépouillement, le fichier "Situation". Il faut noter que ce sondage peut ne pas intéresser la totalité des fichiers élémentaires. S'il n'apporte, par exemple, que des renseignements d'ordre géologique, il ne sera ouvert à ce numéro qu'une rubrique "Lithologie". Si la campagne de reconnaissances s'accompagne d'essais d'identification du sol, d'essais mécaniques en place ou en laboratoire, dans chacune de ces éventualités, le fichier correspondant sera ouvert à ce numéro. On peut prévoir d'ores et déjà une certaine disproportion dans le nombre d'individus constituant chaque fichier élémentaire (Tableau 5).

Situation	2096
Lithologie	2096
Identification	282
Propriétés Mécaniques	39
Pressiomètre	188
Pénétration	260
Nappe	-

Tableau 5 :

Nombre d'individus des
fichiers élémentaires
au 31.07.1977

2. Conception des fichiers élémentaires

Les détails des codes et principes de notation évoqués ici seront exposés par la suite au § 3 "Mode de stockage des données".

2.1. Le fichier "Situation"

Il réunit les données de localisation géographique et les renseignements administratifs concernant le sondage. Outre le numéro de sondage propre à notre classement, nous y avons consigné les informations suivantes :

2.1.1. La localisation géographique du sondage

Nous la définissons par ses coordonnées Lambert. Les dossiers consultés ne donnent pas toujours ces indications. Lorsque celles-ci ne figurent pas, il est nécessaire d'effectuer un report des points sur carte pour retrouver leurs coordonnées. L'erreur est inévitable, avec ou sans report. C'est pourquoi, nous avons choisi d'affecter une note de crédibilité à ces valeurs. Nous ajoutons également l'altitude du point d'investigation rattachée au Nivellement Général de la France (cote N.G.F.), accompagnée d'une note de crédibilité.

2.1.2. Le nom du chantier - Le but des reconnaissances

Nous indiquons, dans cette rubrique, en abréviations les plus claires possibles, le nom du chantier issu du dossier d'origine, ainsi que le ou les buts dans lesquels les reconnaissances ont été effectuées. Il est possible d'ores et déjà de dresser un inventaire succinct des types de reconnaissances auxquelles on peut s'attendre (H. Havard, 1973) :

- . Etudes routières, autoroutières, aérodromes, voies ferrées (tout ce qui concerne les voies de circulation) ;
- . Etudes de bâtiments, fondations ;
- . Sites expérimentaux (exemple : stabilité de talus, remblais d'essai) ;
- . Etudes pour retenues (plan d'eau, bassins, canaux) ;
- . Etudes pour recherche et emprunt de matériaux ;
- . Reconnaissances pour recherche d'eau ;
- . Reconnaissances pour travaux souterrains.

Notons toutefois que la plus grande partie des dossiers dépouillés jusqu'à ce jour concerne des études de fondations.

2.1.3. La date des reconnaissances

Nous notons cette date, lorsqu'il est possible de le faire, avec le mois et l'année auxquels ont été effectuées les reconnaissances. Cette indication peut sembler peu intéressante a priori, elle complète pour-

tant les informations que l'on peut avoir sur le dossier, si l'on désire le consulter ultérieurement pour revoir ou compléter son dépouillement. Elle permet enfin d'entrevoir les techniques susceptibles d'être utilisées en sondages à cette date et de mesurer la confiance que l'on peut accorder aux informations qui découlent de leur utilisation.

2.1.4. L'origine du dossier

Nous notons, sous forme codée, l'organisme ou le laboratoire où le dossier a été établi. Ceci toujours, pour permettre un retour plus aisé au dossier en cas de doute ou de litige.

2.1.5. Les références du dossier

Pour les mêmes raisons que précédemment, nous notons les références du dossier au sein de l'organisme détenteur.

2.2. Le fichier "Lithologie"

Il regroupe les données géologiques et hydrogéologiques du sondage, ainsi que ses caractéristiques techniques. La première information y figurant est le numéro du sondage. Nous relevons ensuite la liste suivante :

2.2.1. La désignation des ensembles lithologiques

Ces désignations ont fait l'objet d'une classification simplifiée (J.L. Favre, 1972), qui avait pour but d'intégrer :

- . le comportement mécanique du sol ;
- . l'origine géologique des formations ;
- . les termes couramment utilisés par le sondeur.

L'auteur avait distingué douze catégories de sol, et quatre informations particulières, avec la couleur du matériau, notée chacune par une lettre code.

Nous avons, pour notre part, conservé cette notation en tentant de la compléter, dans le domaine des roches, par une esquisse de classification établie principalement d'après les connaissances de géologie régionale que nous pouvons avoir (cartes, documents, visites de terrain). Nous nous sommes donc limités, en ce qui concerne cette "classification" des roches, à l'énumération des terrains sédimentaires du Carbonifère au Crétacé des environs de Grenoble, dont nous avons retenu les principaux caractères descriptifs. Il faut bien noter que cette énumération n'est pas une véritable classification. Nous avons choisi là une solution provisoire nous permettant de relever les données relatives aux roches, lorsque celles-ci se rencontreront, sachant que les sondages effectués

dans la plaine de Grenoble ont a priori peu de chance de toucher le substratum. Nous avons bien conscience que ces imperfections peuvent prêter le flanc à la critique. Rappelons toutefois que ce premier travail n'a pas pour but de relever toutes les données géologiques et géotechniques régionales, mais de préparer leur stockage et leur traitement. Ainsi le choix du fractionnement du fichier en fichiers élémentaires permettra, dans l'avenir, de compléter efficacement les désignations utilisées dans le fichier "Lithologie" par une classification géotechnique générale des roches et des sols susceptibles d'être rencontrés dans la région.

2.2.2. Les cotes T.N. des ensembles lithologiques

Celles-ci désignent les profondeurs de la base des ensembles lithologiques rencontrés, mesurées à partir du terrain naturel (cote T.N.). Ces profondeurs sont notées au décimètre près. Cette précision semble suffisante, compte tenu de la qualité des informations généralement relevées. Elles s'accompagnent d'une note de crédibilité dont le choix incombe au seul jugement du transcripteur. La description géologique d'un sondage peut en effet varier d'un auteur à l'autre, selon sa spécialité, comme nous l'avons déjà noté. Nous n'avons pas résolu ce problème de confiance, sinon par ce coefficient, indispensable par ailleurs à tout traitement de données.

2.2.3. La cote de la nappe phréatique et sa date de mesure

Cette valeur est mesurée à partir de la cote du terrain naturel (cote T.N.). On lui attribue une note de crédibilité. Nous convenons de la notation suivante :

- . précédée du signe - si la cote de la nappe ne dépasse pas la cote N.G.F. du sondage ;
- . précédée du signe + dans le cas contraire (cas des nappes en charge).

Cette cote doit obligatoirement être suivie de la date du relevé piézométrique sans laquelle elle ne peut être utilisée.

2.2.4. Les caractéristiques techniques du sondage

Les procédés de sondages les plus couramment utilisés ont été répertoriés. Ils sont complétés à chaque mise à jour du fichier.

2.2.5. La présence du substratum

Dans toute reconnaissance géotechnique, il est important de connaître l'épaisseur des terrains de couverture, et donc de savoir si l'on a atteint le substratum ou non. Nous notons ce fait en indiquant si le bed-rock a été atteint ou non, ou si sa présence est douteuse ou probable. Si tous les sondages effectués jusqu'à ce jour dans la cuvette

grenobloise n'ont pas atteint le bed-rock, nous savons toutefois que certaines reconnaissances menées en bordure de la plaine l'ont rencontré.

2.3. Le fichier "Identification"

Il regroupe les données d'identification du sol (paramètres physico-chimiques et données qualitatives). Chaque échantillon analysé est identifié en premier lieu par le numéro de sondage dont il provient. Outre ce numéro, les informations suivantes y figurent :

2.3.1. La profondeur de l'échantillon

Celle-ci est notée avec la même précision que les profondeurs des ensembles lithologiques, au décimètre près, accompagnée d'une note de crédibilité.

2.3.2. La désignation lithologique de l'échantillon

Nous la notons suivant le même procédé que celui employé pour désigner les ensembles lithologiques du fichier "Lithologie", en référence à une liste préétablie.

2.3.3. Les paramètres physiques d'identification

Nous relevons les trois paramètres essentiels à l'identification du matériau, qui sont :

- . le poids volumique du sol sec ;
- . la densité des grains solides ;
- . la teneur en eau.

2.3.4. La courbe granulométrique

Celle-ci est notée par les valeurs des diamètres des grains correspondant aux pourcentages de refus : 100%, 90%, ..., 10%, 5%, 0%. Ce mode de relevé permet de reconstituer toute la courbe granulométrique, et de retrouver ses coefficients (uniformité, courbure, Filler).

2.3.5. Les limites d'Atterberg

Pour les sols cohérents, nous relevons les limites de liquidité et de plasticité, l'indice de plasticité, lorsque celui-ci est noté. Ces valeurs nous donnent, connaissant la teneur en eau, celles des indices de liquidité et de consistance.

2.3.6. La composition minéralogique du sol

Nous notons cette composition lorsque l'étude en fait état, comme pour les types de sols et roches, en référence à une liste-répertoire pouvant

toujours être complétée. Cette liste concerne essentiellement les minéraux argileux entrant en constitution du matériau "sol" sur le site de Grenoble.

2.3.7. Les teneur en carbonates et équivalent-sable

Lorsque ces mesures sont indiquées, nous notons leur valeur, exprimée en pourcentage.

2.4. Le fichier "Propriétés Mécaniques"

Les travaux effectués par J.L. Favre (1972) ont montré l'intérêt de conserver les résultats de deux grands types d'essais de laboratoire à savoir :

- . les essais de cisaillement (ou de compression) ;
- . les essais de tassement.

Appliquant cette méthode, nous conserverons intégralement la liste des paramètres retenus, en la complétant par les renseignements nécessaires à l'identification de l'échantillon (numéro du sondage, profondeur et nature).

2.4.1. La nature de l'échantillon

Suivant le même code des désignations lithologiques, nous notons la nature de l'échantillon avec son ou ses caractères dominants.

2.4.2. La profondeur de l'échantillon

Les références d'un échantillon incluent généralement le numéro du sondage d'où il provient et la profondeur du prélèvement. Nous notons cette profondeur avec son coefficient de crédibilité.

2.4.3. Le mode d'échantillonnage

Ce renseignement est nécessaire à l'utilisateur pour juger de la validité des résultats des essais. Nous avons retenu les procédés les plus couramment utilisés, dont la liste peut être complétée au fil des mises à jour du fichier.

2.4.4. L'essai de cisaillement

Pour cet essai, différents modes opératoires peuvent être utilisés. Nous en avons répertorié neuf. Chaque fois que la mesure en a été faite, nous notons les caractéristiques mécaniques du matériau :

- . les angles de frottement et cohésion, apparents et intergranulaires;
- . le module de Young pour trois pressions latérales différentes.

2.4.5. L'essai de tassement

Comme pour la courbe granulométrique, nous notons la courbe oedométrique par points, à la charge et à la décharge. Nous notons également les temps de consolidation primaire à 50% et à 100%, sous une contrainte donnée pour les courbes décrivant le tassement en fonction du temps, ainsi que la perméabilité sous la charge considérée.

2.4.6. L'essai Proctor

Malgré son utilisation comme critère d'identification du matériau et pour de simples raisons d'organisation, cet essai fait partie du fichier "Propriétés Mécaniques". Nous notons la nature de l'essai (Normal ou Modifié), le poids volumique optimum du sol sec, et la teneur optimale en eau.

2.4.7. L'essai de perméabilité en laboratoire

Nous avons choisi de conserver cette rubrique, bien que peu représentative de la perméabilité in situ, en prévision de l'analyse des sols artificiels (noyau de barrage, remblais, etc.). Nous notons ainsi la nature de l'essai (à charge constante, à charge variable) et la valeur de la perméabilité mesurée.

2.5. Le fichier "Pressiomètre"

Il rassemble les résultats des essais pressiométriques effectués en place. Outre le numéro du sondage, nécessaire à sa localisation (en relation avec le fichier "Situation"), on y relève, pour chaque profondeur, les caractéristiques suivantes :

- . le module pressiométrique ;
- . la pression de fluage ;
- . la pression limite.

2.6. Le fichier "Pénétration"

Il rassemble, de la même manière, les résultats des essais de pénétration effectués en place. Pour chaque tranche de profondeurs, correspondant à l'enfoncement normalisé du train de tige, nous notons :

- . pour les essais de pénétration dynamique, la résistance dynamique à la pénétration ;
- . pour les essais de pénétration statique, la résistance de pointe à la pénétration.

Chaque essai est identifié par un numéro qui permet de le localiser, en relation avec le fichier "Situation". Les indications de profondeur sont ici aussi doublées d'une note de crédibilité.

2.7. Le fichier "Nappe"

C'est le seul fichier pouvant fonctionner de manière réellement autonome. Il comporte les rubriques suivantes :

2.7.1. La localisation géographique du point de mesure

Nous la définissons par ses coordonnées Lambert, ces valeurs étant accompagnées d'une note de crédibilité.

2.7.2. La cote N.G.F. du niveau piézométrique

Cette cote est relevée au décimètre près, lorsque cela est possible. Elle est doublée d'une note de crédibilité.

2.7.3. La date de la mesure

Cette rubrique indique la date du relevé piézométrique avec le jour, le mois et l'année.

Remarque : Ce fichier peut sembler faire double emploi avec le fichier "Lithologie", qui comporte une rubrique identique. Il a, en fait, été conçu pour éviter de perdre toute information d'ordre hydrogéologique, issue d'études synthétiques (études de nappes, etc.).

3. Mode de stockage des données

Nous avons choisi de coder la plupart des données sémantiques et quelques données numériques, soit sous forme alphabétique, soit sous forme numérique. Pour chaque type de donnée a été établi une liste non exhaustive des cas susceptibles d'être rencontrés. Cette solution permet tout ajout, si les informations contenues semblaient incomplètes.

3.1. Les codes utilisés

3.1.1. Les numéros de fichier (Tableau 6)

La carte perforée destinée à alimenter un fichier doit comporter un numéro qui permet d'éviter ou de réparer tout incident de manipulation (mélange de cartes de types différents), ou erreur lors de la mise

à jour du fichier général. Une série de tests peut, par exemple, être envisagée pour n'enregistrer sous la rubrique "Situation" que des informations précédées du code 01. Ce numéro à deux caractères permettra d'élargir le fichier général à plus de dix fichiers élémentaires, dont nous envisagerons les possibilités de réalisation plus loin.

Nom du fichier	Code
Situation	01
Lithologie	02
Identification	03
Propriétés	
Mécaniques	04
Pressiomètre	05
Pénétration	06
Nappe	07

Tableau 6

3.1.2. Précision sur les coordonnées Lambert (Tableau 7)

Comme certains des codes que nous présentons, celui-ci a été conçu lors de la réalisation du premier fichier (J.L. Favre, 1972).

Précision	Code
Plus de 100 m	0
30 m - 100 m	1
10 m - 30 m	2
3 m - 10 m	3
1 m - 3 m	4
Moins de 1 m	5

Tableau 7

3.1.3. Précision sur les cotes N.G.F. et T.N. (Tableau 8)

Précision	Code
Plus de 1 m	0
30 cm - 1 m	1
10 cm - 30 cm	2
3 cm - 10 cm	3
Moins de 1 cm	4

Tableau 8

3.1.4. Date des reconnaissances

Les mois sont numérotés de manière conventionnelle (Tableau 9). Les années ne font l'objet d'aucun codage (exceptée la valeur 0 pour signifier "année inconnue").

Mois	Code	Mois	Code
Janvier	01	Juillet	07
Février	02	Août	08
Mars	03	Septembre	09
Avril	04	Octobre	10
Mai	05	Novembre	11
Juin	06	Décembre	12
		Inconnu	00

Tableau 9

3.1.5. Origine du dossier

Les organismes responsables d'études géotechniques effectuées sur le site de Grenoble ont été répertoriés par J.L. Favre (1972), et complétés par nos soins (Tableau 10).

Nom des organismes	Code
Inconnu	00
Soletanche	01
Institut de Mécanique de Grenoble	02
Socotec Grenoble	03
Mécasol Paris	04
Bureau Berg	05
Equipement	06
Coyne et Bellier	07
E.D.F.	08
B.E.C.	09
S.O.G.R.E.A.H.	10
Thèse Université	11
Direction des Services Techniques de la ville de Grenoble	12
E.T.F. Lyon	13
Fondasol	14
Services Eaux Grenoble	15
B.R.G.M. Lyon	16

Tableau 10

3.1.6. Désignations lithologiques (Tableau 11)

Avant la présentation proprement dite des codes utilisés dans notre fichier pour désigner les sols et roches rencontrés en sondages sur le site de Grenoble, nous voudrions expliquer plus en détails le choix de ces codes. Il s'agit pour nous de transcrire l'information brute sous une forme compatible avec son traitement automatique. Notre premier souci est donc de trouver un moyen de saisir l'information dans son état archivé.

En ce qui concerne les descriptions lithologiques des sols et des roches, nous savons que l'analyse d'une coupe géologique de sondage se fait en deux étapes :

- . dans un premier temps, le terrain, et plus particulièrement le sol, est généralement décrit sur le chantier par le sondeur ;
- . en second lieu, lorsque des échantillons ont été prélevés, la désignation du sol est affinée (courbe granulométrique, limites d'atterberg), et celle-ci peut être introduit dans une classification normalisée.

L'expérience nous a montré que, parmi tous les dossiers étudiés, les désignations lithologiques s'arrêtaient le plus souvent à l'identification visuelle du matériau. Les cas sont rares où l'analyse du sol apporte assez d'éléments pour permettre une classification rigoureuse.

Nous devons ainsi tenir compte, en premier lieu, des descriptions faites par le sondeur, en n'omettant pas bien sûr de prendre note de tout essai d'identification effectué. Ceci nous a conduit à répertorier un ensemble de matériaux sous une forme inspirée par :

- . la classification L.C.P.C. (adaptation française de la classification U.S.C.S.) ;
 - . les termes couramment utilisés par le sondeur ;
- ceci en tenant compte, par ailleurs, de leur comportement mécanique et de leur origine géologique.

Remarque : Nous avons réuni, à titre de comparaison, au Tableau 11c, les termes utilisés pour nos désignations et leurs correspondants d'après la classification L.C.P.C. (U.S.C.S.).

Nous noterons toutefois que les descriptions lithologiques nuancées sont difficilement codifiables, et que toute transcription d'une donnée sémantique de ce type n'a qu'une valeur indicative et doit être interprétée.

Ainsi la mention "Argiles avec éléments détritiques grossiers" peut désigner des argiles sableuses, graveleuses ou à blocs, suivant leur contexte géologique (une précision peut, bien sûr, être apportée par la courbe granulométrique, lorsque celle-ci est notée). Ces matériaux ont de toute manière un comportement mécanique proche de celui d'une argile. De la même manière, seule l'analyse granulométrique peut différencier, par exemple, un sable limoneux d'un limon sableux, différence qu'il est difficile de faire sur le terrain.

La désignation "Eau" est utilisée pour les sondages effectués dans le lit d'une rivière ou sur un plan d'eau. L'eau est alors le premier élément rencontré.

Code	Désignation lithologique des sols
A	Terre végétale
B	Argile ou limon organique
C	Argile
D	Argile avec éléments détritiques grossiers
G	Graviers propres
H	Graviers sableux
I	Graviers argileux
J	Graviers limoneux
M	Limons
O	Sol non reconnu
P	Tourbe
R	Remblais artificiel
S	Sables propres
T	Sables argileux
U	Sables limoneux
W	Eau

Tableau 11a

Code	Désignation lithologique des roches
E	Calcaire massif
F	Calcaire marneux, calcaire argileux
K	Marnes, marnes sableuses
L	Argilites
N	Marnocalcaires, calcaires en petits bancs
O	Roche non reconnue
Q	Calcaires détritiques, grès
V	Schistes
X	Dolomies, calcaires dolomitiques
Y	Cargneule, gypse
Z	Conglomérats, poudingues

Tableau 11b

Code	Désignation lithologique du sol	Désignation lithologique du sol (L.C.P.C.)
A	Terre végétale	Ap ou At
B	Argile ou limon organique	
C	Argile	
D	Argile avec éléments détritiques grossiers	
G	Graviers propres	Gb
H	Graviers sableux	Gm (?)
J	Graviers limoneux	GL
I	Graviers argileux	GA
M	Limons	Lp ou Lt
P	Tourbe	Op ou Ot
S	Sables propres	Sb ou Sm
T	Sables argileux	SA
U	Sables limoneux	SL

Tableau 11c

Nous avons établi en parallèle avec le tableau des désignations lithologiques une liste succincte des principaux caractères descriptifs des sols et roches susceptibles d'être rencontrés sur le site de Grenoble (Tableau 12).

Cette liste semble suffisante pour l'instant, mais reste malgré tout imparfaite. Chacun sait, par exemple, que la couleur du matériau n'est pas une propriété géotechnique fondamentale, et que sa notation est très souvent sujette à caution. Nous avons pourtant choisi de conserver ce caractère, puisque celui-ci est toujours mentionné sur les relevés de sondages. Ceci afin de réduire les pertes d'informations à ce niveau.

Code	Caractères descriptifs
A	Bicolore
B	Bleu-bleuâtre
C	Gris-bleu
D	Roche à grain fin, dure compacte
E	Roche à grain grossier
F	Gris clair
G	Gris-grisâtre
H	Gris foncé
I	En bancs épais
J	Jaune-jaunâtre
(K)	(Orange)
L	Beige
M	Marron-brun-brunâtre
N	Noir-noirâtre

Tableau 12

Code	Caractères descriptifs
O	Non décrit
P	Noir micacé
R	Rouge-rougeâtre-roux
S	Veiné
T	Lité
U	En bancs minces, en plaquettes
V	Vert, verdâtre
W	Blanc-blanchâtre
X	Varvé
Y	Friable, diaclasé
Z	Présence d'accidents siliceux (silex, chert, etc.)

Tableau 12 (suite)

3.1.7. Procédé de sondages

Comme précédemment, les procédés de sondages les plus couramment utilisés ont été répertoriés et numérotés (Tableau 13).

Procédé de sondage	Code
Inconnu	00
Battage avec graphique	01
Battage	02
Battage équipé d'un piézomètre	03
Electrique	04
Fouille-puits	05
Puits de pompage	06
Hammergrab (Benoto)	07
Hammergrab équipé d'un piézomètre	08
Pénétrromètre	09
Rotation tricône	10
Rotation carottier	11
Rotation équipé d'un piézomètre	12
Rotation et battage	13
Sismique	14
Tarière	15
Tarière équipé d'un piézomètre	16
Carottier LPC	17
Soupape	18
Mécanique (sans précision)	19
Géophysique (sans précision)	20
Wagon-Drill	21

Tableau 13 (d'après J.L. Favre, 1972)

3.1.8. Présence du substratum

Nous avons répertorié quatre cas, suivant la confiance que l'on peut accorder aux informations (Tableau 14).

Evènement	code
Substratum non atteint	0
Substratum très douteux	1
Substratum probable	2
Substratum sûr	3

Tableau 14

3.1.9. Composition minéralogique

Le tableau 15 regroupe les minéraux argileux et autres composants pouvant participer à la constitution d'un sol. Cette liste s'adresse plus particulièrement au site de Grenoble.

Composant	Code
Inconnu	0
Matière organique	1
Liant	2
Halloysite	3
Attapulгите	4
Montmorillonite	5
Illite	6
Kaolinite	7
Chlorite	8
Vermiculite	9

Tableau 15
(d'après J.L. Favre, 1972)

3.1.10. Procédé d'échantillonnage

Les principaux modes de prélèvement d'échantillons en sondages ont été regroupés au tableau 16.

Procédé d'échantillonnage	Code
Inconnu	00
Carottier statique	01
Carottier dynamique	02
Carottier triple	03
Carottier double	04
Boite cubique	05

Tableau 16

Procédé d'échantillonnage	Code
Echantillon remanié	06
Mesure en place	07
Echantillon artificiel	08
Bibliothèque	09
Echantillon intact (sans précision)	10
Carottier simple (sans précision)	11

Tableau 16
(suite)

Les mentions "Echantillon artificiel" et "Bibliothèque" ont été incluses dans ce répertoire en vue de travaux éventuels sur les paramètres de mécanique des sols, quelque soit l'origine des échantillons.

3.1.11. Types d'essais de cisaillement

Les différents types d'essais répertoriés sont réunis au tableau 17.

Type d'essai	Code
Vane Test de laboratoire	1
Compression simple	2
Triaxial non drainé ou rapide	3
Triaxial drainé ou lent	4
Cell Test non drainé ou rapide	5
Cell Test drainé ou lent	6
Boîte de Casagrande non drainé ou rapide	7
Boîte de Casagrande drainé ou lent	8
Rhéogoniomètre	9
Inconnu	0

Tableau 17

3.1.12. Nature de la variable de tassement

Les variables de tassement, mesurées lors de l'essai de consolidation à l'oedomètre, sont regroupées au tableau 18.

Variable de tassement	Code
Inconnue	0
Indice des vides	1
Déformation relative	2
Teneur en eau de saturation	3

Tableau 18 (d'après J.L. Favre, 1972)

3.1.13. Type d'essai de pénétration (Tableau 19)

Type d'essai	Code
Inconnu	0
Pénétromètre statique	1
Pénétromètre dynamique	2

Tableau 19

Nous ne tenons pas compte des essais "Standard Penetration Test" (S.P.T.), qui semblent être de moins en moins souvent utilisés. C'est du moins ce que nous avons pu constater lors du dépouillement des dossiers.

3.1.14. Type d'essai Proctor (Tableau 20)

Type d'essai	Code
Inconnu	0
Proctor Normal	1
Proctor Modifié	2

Tableau 20

3.1.15. Type d'essai de perméabilité en laboratoire (Tableau 21)

Type d'essai	Code
Inconnu	0
Essai à charge constante : perméabilité verticale	1
Essai à charge constante : perméabilité horizontale	2
Essai à charge variable : perméabilité verticale	3
Essai à charge variable : perméabilité horizontale	4

Tableau 21

3.2. Mode d'utilisation des bordereaux de perforation

Nous examinerons ci-dessous, à l'aide d'exemples, le mode d'emploi des bordereaux de perforation concernant chaque fichier. Les informations de chaque type y sont notées, soit sous forme brute, soit sous forme codée en référence aux codes utilisés (chapitre 3, § 3.1.). Pour chaque donnée l'unité sera indiquée, ainsi que la précision de sa notation. Suivant les cas, nous envisagerons certaines méthodes particulières de notation, nécessaires à l'adaptation des données à la structure d'accueil du fichier.

3.2.1. Fichier "Situation" (Figure 15)

a. Colonnes 1-2 : numéro du fichier
(Tableau 6)

0 1
1

b. Colonnes 3-6 : numéro du sondage
Exemple : sondage n° 325

0 3 2 5
3 6

c. Colonnes 7-18 : localisation géographique du sondage

Unité : Km Précision : 1 m
Exemple : X Lambert = 867,932 Km
Y Lambert = 323,485 Km

8 6 7 9 3 2
3 2 3 4 8 5
13 18

d. Colonne 19 : précision sur X-Y (Cxy)

Exemple : erreur estimée à moins de 1m (Tableau 7)

5
19

e. Colonnes 21-25 : cote N.G.F. du sondage (Z NGF)

Exemple : Z NGF = 232,4 m

0 2 3 2 4
21 25

f. Colonne 20 : précision sur Z (Cz)

Exemple : précision = 10 cm - 30 cm (Tableau 8)

2
20

g. Colonnes 26-61 : nom du chantier-but des reconnaissances

Exemple : étude de fondations des Tours Ile Verte

T O U R S I L E V E R T E F O N D A T I O N S
26 61

h. Colonnes 62-65 : date des reconnaissances (DATE)

DATE-M = Mois DATE-A = Année

Exemple : novembre 1972 (Tableau 9)

1 1 7 2
62 65

i. Colonnes 66-67 : origine du dossier (O)

Exemple : Equipement (Tableau 10)

0 6
66

j. Colonnes 68-73 : références du dossier

En cas de références complexes, nous notons la plus apparente.

Exemple : dossier n° AB/11-72

1 1 7 2
68 73

IMAG-FORTRAN

FICHER SITUATION_01

NUMERO O U SONDAGE	X LAMBERT	Y LAMBERT	Z N.G.F.	C C X Y	C C X Y	NOM DU CHANTIER - BUT DE LA RECONNAISSANCE.	DATE		RÉFÉRENCE DOSSIER	FICHIERS OUVERTS
							M	A		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	

PAGE:

NOM:
TEL:

Figure 15. Bordereau de perforation - Fichier "Situation".

IMAG-FORTRAN

FICHER LITHOLOGIE-02

NUMERO O U SONDAGE	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	C C X Y	DATE	
																				M	A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80		

PAGE:

NOM:
TEL:

Figure 16. Bordereau de perforation - Fichier "Lithologie".

k. Colonnes 74-80 : fichiers ouverts

En fin de dépouillement du dossier, nous notons les numéros des fichiers qui ont été alimentés par les données relevées. Exemple : le sondage n° 325 a alimenté les Fichiers Situation, Lithologie, Identification, Pressiomètre (Tableau 6) :

		1	2	3	5
		74		80	

3.2.2. Fichier "Lithologie" (Figure 16)a. Colonnes 1-2 : numéro du fichier

(Tableau 6)

	0	2
	1	

b. Colonnes 3-6 : numéro du sondage

Exemple : sondage n° 325

	0	3	2	5
	3		6	

c. Colonne 7 : numéro de la carte "Suite"

Si le relevé de sondage décrit plus de dix ensembles lithologiques, après la notation des dix premiers ensembles, nous recommençons une nouvelle ligne (correspondant à une nouvelle carte perforée) à partir de son début (code du fichier, numéro du sondage) en notant dans la colonne 7 :

- pour la première ligne "suite" :
- pour la deuxième ligne "suite" :
- etc...

	1
	2
	7

d. Colonne 8 : précision sur les cotes T.N. (CP)

Exemple : précision = 10 cm - 30 cm (Tableau 8)

	2
	8

e. Colonnes 9-48 : cotes T.N. des ensembles lithologiques (P1, ..., P10)

Ce sont les profondeurs de la base des couches, mesurées à partir de la tête du sondage.

Unité : le mètre Précision : le décimètre

Exemple : cote T.N. du 1^o terrain = 7,8 m

	0	0	7	8
	9		42	

Remarque : A chaque cote T.N. correspond l'ensemble lithologique de même indice (P1-L1, LP2-L2, ..., P10-L10). La dernière cote (P10 ou Pn de la dernière ligne "suite") indique la profondeur maximale du sondage et non la base de la dernière couche traversée.

NOM:
TEL:

IMAG-FORTRAN

FICHER IDENTIFICATION-03

N° SONDAGE	N° PROF.	C.P.	L.Yd.	G.	W _{NAT}	G R A N U L O M E T R I E										D. INT.		VOL WP IP	COM.P.	MINER.	LOG. ES.			
						D100	D90	D80	D70	D60	D50	D40	D30	D20	D10	D5	DO					%	DI	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Figure 17. Bordereau de perforation - Fichier "Identification".

f. Colonnes 49-68 : désignations lithologiques (L1, L2, ..., L10)

Exemple : argile grise

$$\frac{C, G}{49}$$

La première lettre code représente la désignation lithologique s.st., la seconde le caractère descriptif dominant (Tableaux 11 et 12). Comme précédemment, à chaque ensemble lithologique correspond la cote T.N. de même indice (L1-P1, L2-P2, ..., L10-P10).

g. Colonnes 70-73 : cote T.N. de l'eau (NAPPE)

Unité : 1m Précision : 0,1 m

Exemple : eau à - 5,6 m

$$\frac{- 0, 5, 6}{70 \quad 73}$$
h. Colonne 69 : précision sur la cote de l'eau (CN)

Exemple : précision = 10 cm - 30 cm (Tableau 8)

$$\frac{2}{69}$$
i. Colonnes 74-77 : date de la mesure (DATE)

DATE -M = Mois DATE-A = Année

Exemple : novembre 1972 (Tableau 9)

$$\frac{1, 1, 7, 2}{74 \quad 77}$$
j. Colonnes 78-79 : caractéristiques techniques du sondage (S)

Exemple : battage équipé d'un piézomètre (Tableau 13)

$$\frac{0, 3}{78}$$
k. Colonne 80 : présence du substratum (B)

Exemple : substratum non atteint (Tableau 14)

$$\frac{0}{80}$$
3.2.3. Fichier "Identification" (Figure 17)a. Colonnes 1-2 : numéro du fichier

(Tableau 6)

$$\frac{0, 3}{1}$$
b. Colonne 3-6 : numéro du sondage

Exemple : sondage n° 325

$$\frac{0, 3, 2, 5}{3 \quad 6}$$
c. Colonne 7-10 : profondeur de l'échantillon (PROF)

Exemple : profondeur = 7,8 m

$$\frac{0, 0, 7, 8}{7 \quad 10}$$
d. Colonne 11 : précision sur la profondeur (CP)

Exemple : précision = 10 cm - 30 cm (Tableau 8)

$$\frac{2}{11}$$
e. Colonnes 12-13 : désignation lithologique de l'échantillon (L)

Exemple : argile grise (Tableaux 11 et 12)

$$\frac{C, G}{12}$$
f. Colonnes 14-22 : paramètres physiques d'identification• Poids volumique du sol sec (γ_d)Unité : g/cm³ Précision : 0,01 g/cm³Exemple : $\gamma_d = 1,65$ g/cm³

$$\frac{1, 6, 5}{14}$$
• Densité des grains solides (G)

Unité : sans dimension Précision : 0,01

Exemple : G = 1,42

$$\frac{1, 4, 2}{17}$$
• Teneur naturelle en eau (W)

Unité : % Précision : 1%

La valeur notée peut dépasser 100%.

Exemple : W = 105%

Si W est donnée avec une décimale, la valeur notée est arrondie à l'unité. Exemple : W = 82,3 %

W = 78,8 %

$$\frac{1, 0, 5}{20}$$

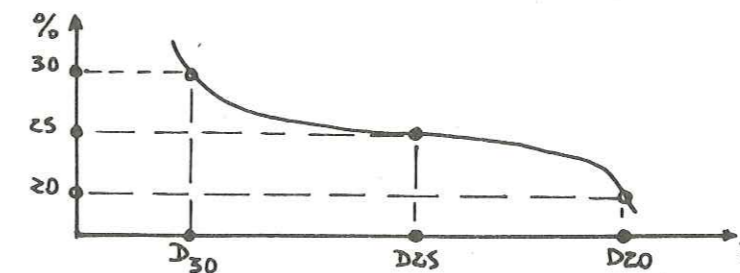
$$\frac{0, 8, 2}{20}$$

$$\frac{0, 7, 9}{20}$$
g. Colonnes 23-63 : granulométrie (D100, D90, ..., D5, D0)

Nous notons les diamètres des grains correspondant aux pourcentages de refus 100%, 90%,... après conversion en microns suivant la méthode dite "des exposants". Exemple : D30 = 76,5 mm

= 7,65. 10⁴ μ
$$\frac{4, 7, 6}{44}$$
• Diamètre et pourcentage intermédiaires (D.INT.)

Si deux valeurs des diamètres correspondant à des pourcentages successifs sont trop éloignés, nous en précisons les valeurs intermédiaires (cf. exemple ci-contre) :



Pourcentage intermédiaire = 25 %

Diamètre intermédiaire = 3,2 mm

= 3,2. 10³ μ
$$\frac{2, 5}{59}$$

$$\frac{3, 3, 2}{61}$$

h. Colonnes 64-70 : limites d'Atterberg

Unité : % Précision : 1%

. Limite de liquidité (WL)

WL peut dépasser 100%

Exemple : WL = 102%

WL = 83%

$$\begin{array}{r} 102 \\ 083 \\ \hline 64 \end{array}$$

. Limite de plasticité (WP)

Exemple : WP = 34%

$$\begin{array}{r} 34 \\ \hline 67 \end{array}$$

. Indice de plasticité (IP)

Exemple : IP = 12%

$$\begin{array}{r} 12 \\ \hline 69 \end{array}$$

i. Colonnes 71-76 : composition minéralogique

Si nous n'avons aucun renseignement sur la composition minéralogique de l'échantillon, les colonnes 71-76 sont laissées en blanc : le caractère "blanc" est lu comme un zéro (composition inconnue) par la machine. Si les informations sont purement qualitatives, les composants sont codés (Tableau 15) et notés dans un ordre quelconque, cadrés à droite de la zone.

Exemple : matière organique

liant

montmorillonite

chlorite

$$\begin{array}{r} 001258 \\ 71 \quad \text{ou} \quad 76 \\ \hline 008215 \end{array}$$

Si on connaît les proportions relatives des divers composants, ceux-ci sont notés dans l'ordre décroissant des pourcentages de chaque composant, cadrés à gauche de la zone.

Exemple : montmorillonite 30%

chlorite 10%

matière organique 2%

liant 1%

$$\begin{array}{r} 581200 \\ 71 \quad \quad \quad 76 \end{array}$$

j. Colonnes 77-78 : teneur en carbonates (% Ca CO3)

Unité : % Précision : 1%

Si cette valeur est donnée avec une décimale, elle est arrondie à l'unité.

Exemple : % Ca CO3 = 40,3%

% Ca CO3 = 40,8%

$$\begin{array}{r} 40 \\ 41 \\ \hline 77 \end{array}$$

k. Colonnes 79-80 : Equivalent-sable (E.S.)

Unité : % Précision 1%

Le mode de notation est le même que précédemment.

Exemple : E.S. = 12,8%

$$\begin{array}{r} 13 \\ \hline 79 \end{array}$$

NOM:
TEL:

IMAG-FORTRAN

FICHER MECANIQUE-04

NUMERO SONDAGE	C L	MP	N	CISAILLEMENT										TASSEMENT																																																																
				Ø	C	E1	Ø1	E2	Ø2	E3	Ø3	Q0.1	Q0.5	Q1	Q2	Q4	Q8	Q8	Q8	Q1	Q0.1																																																									
42	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Figure 18a.

NOM:
TEL:

IMAG-FORTRAN

FICHER MECANIQUE-04. (SUITE)

NUMERO SONDAGE	C L	MP	N	TASS. (SUITE)										PROCTOR (PERM)																																																																
				K	T100	T50	Ye	Opt	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N																																																									
42	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Figure 18b.

Figure 18. Bordereau de perforation - Fichier "Propriétés Mécaniques".

3.2.4. Fichier "Propriétés Mécaniques" (Figures 18a et 18b)

Dans le cas particulier de ce fichier, une carte perforée de 80 colonnes était insuffisante pour le nombre et la taille des informations à relever. Nous avons donc décidé de prolonger ce fichier sur une autre carte un second bordereau de perforation a été prévu à cet effet (Figure 18b).

a. Colonnes 1-2 : numéro du fichier

(Tableau 6)

$$\frac{0,4}{1}$$

b. Colonnes 3-6 : numéro du sondage

Exemple : sondage n° 325

$$\frac{0,3,2,5}{3,6}$$

c. Colonnes 7-10 : profondeur de l'échantillon (PROF)

Exemple : profondeur = 7,8 m

$$\frac{0,0,7,8}{7,10}$$

d. Colonne 11 : précision sur la profondeur (CP)

Exemple:précision = 10 cm - 30 cm (Tableau 8)

$$\frac{2}{11}$$

e. Colonnes 12-13 : désignation lithologique de l'échantillon (L)

Exemple : argile grise (Tableaux 11 et 12)

$$\frac{C, G}{12}$$

f. Colonnes 14-15 : mode de prélèvement (MP)

Exemple : échantillon remanié (Tableau 16)

$$\frac{0,6}{14}$$

g. Colonnes 16-40 : essai de cisaillement

. Type d'essai (N)

Exemple : triaxial non drainé ou rapide (Tableau 17)

$$\frac{3}{16}$$

. Angle de frottement apparent (ϕ)

Unité : degré ($^{\circ}$) Précision : 1°

Exemple : $\phi = 34^{\circ}$

$$\frac{3,4}{17}$$

. Angle de frottement intergranulaire (ϕ')

Unité : degré ($^{\circ}$) Précision : 1°

Exemple : $\phi' = 28^{\circ}$

$$\frac{2,8}{19}$$

. cohésion apparente (C) et intergranulaire (C')

Unité : millibar Précision : 0,1 millibar

La notation se fait suivant la méthode des exposants. Les deux valeurs sont exprimées en unités élevées à la même puissance de dix.

Exemple : C = 950 millibar = $9,5 \cdot 10^2$ millibar

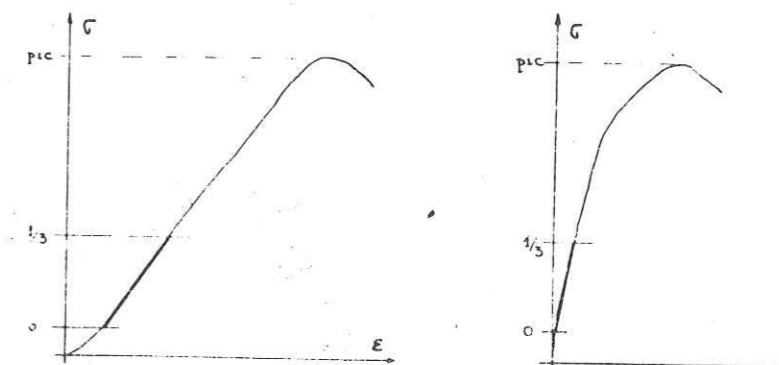
C' = 67 millibar = $0,67 \cdot 10^2$ millibar

$$\begin{array}{c} C, C' \\ 2,9,5,10,7 \\ \hline 21 \quad 24 \end{array}$$

. Modules d'Young (E) et pressions latérales (ϵ_3)

La courbe effort-déformation n'est jamais rectiligne même à son début.

Deux cas peuvent se présenter :



Le début de la courbe est ignoré. Le module est la pente de la sécante dans le premier tiers de la courbe entre le zéro et le pic.

Notation de E : Unité = bar Précision = 0,1 bar

Exemple : E = $2,6 \cdot 10^2$ bars

E = 2480 bars = $2,48 \cdot 10^3$ bars

$$\frac{2,2,6}{3,2,5} \\ \hline 26$$

Notation de ϵ_3 : Unité = bar Précision = 0,1 bar

Exemple : $\epsilon_3 = 4,5$ bars

$$\frac{4,5}{23}$$

Nous relevons lorsque cela est possible, trois valeurs de E et ϵ_3 .

h. Colonnes 41-79 et 17-23 : essai de tassement

. Nature de la variable de tassement (Q)

Exemple : déformation relative $\Delta h/h$ (Tableau 18) $\frac{1}{41}$

. Valeurs du paramètre de tassement (Q0.1 - Q0.5 - ... - Q1 - Q0.1)

Ces valeurs sont notées pour les contraintes suivantes :

* 0,1 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 bars à la charge

* 8 - 1 - 0,1 bars à la décharge.

Unités : indice des vides = sans dimension

déformation relative = %

teneur en eau de saturation = %

Précisions : indice des vides = 0,001
 déformation relative = 0,01 %
 teneur en eau de saturation = 0,1 %

Exemples (pour Q0,1) :

indice des vides	$e = 0,223$	$\frac{0,223}{42}$
teneur en eau de saturation	$W_{sat} = 103,5 \%$	$\frac{103,5}{45}$
déformation relative	$\Delta h/h = 24,48 \%$	$\frac{24,48}{45}$

. contrainte appliquée pour la consolidation (σT)

Exemple : $\sigma T = 3 \text{ bars}$

$\frac{0,3}{78}$

. Perméabilité relevée sous la contrainte σT (K)

Unité : cm/s

Les valeurs sont arrondies à l'unité.

Exemple : $K = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$

$\frac{4,7}{17}$

. Temps de consolidation (T100 et T50)

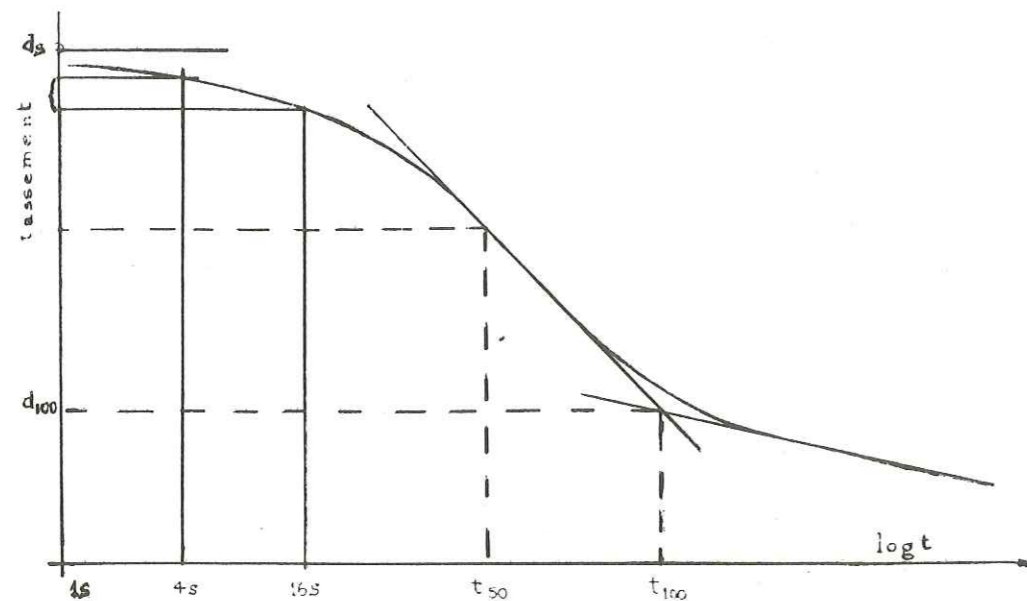
Ces valeurs sont mesurées ou calculées à partir de la courbe temps-déformation dans les axes (log t, tassement). Cette courbe se divise en deux parties, dont on prend les tangentes :

* tassement secondaire ;

* tassement primaire.

L'intersection des deux tangentes indique T100.

Pour le tassement initial, la courbe devrait être une parabole. Pour avoir le point initial d_s du tassement hydraulique, on applique la propriété particulière à cette courbe : si on prend des valeurs du temps dans le rapport 1 à 4, on a une différence d'ordonnée constante. Ainsi en prenant 4s et 16s et en reportant la différence d'ordonnée vers le haut, on définit d_s (d'après J.L. Favre, 1972).



Ayant d_s et d_{100} , on obtient T50 au milieu et T100.

Unité : seconde (s) Précision : 0,1 s

Exemple : T100 = 3600 s = $36 \cdot 10^2$ s

T50 = 60 s = $0,6 \cdot 10^2$ s

$\frac{112360622}{29}$

Ces deux valeurs sont exprimées en unités élevées à la même puissance de dix.

i. Colonnes 24-29 : essai Proctor

. Type d'essai (N)

Exemple : essai au Proctor Normal (Tableau 20)

$\frac{1}{29}$

. Poids volumique optimal du sol sec ($\gamma_d \text{ OPT}$)

Unité : g/cm³ Précision : 0,1 g/cm³

Exemple : $\gamma_d \text{ OPT} = 1,71 \text{ g/cm}^3$

$\frac{1,71}{24}$

. Teneur optimale en eau (W OPT)

Unité : % Précision : 1 %

Exemple : W OPT = 14 %

$\frac{14}{27}$

j. Colonnes 30-32 : essai de perméabilité en laboratoire

. Type d'essai (N)

Exemple : essai à charge constante (Tableau 21)

$\frac{1}{32}$

. Valeur de la perméabilité (K)

Unité : cm/s

Les valeurs sont arrondies à l'unité et adaptées suivant la méthode des exposants.

Exemple : $K = 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ cm/s}$

$\frac{83}{30}$

3.2.5. Fichier "Pressiomètre" (Figure 19)

a. Colonnes 1-2 : numéro du fichier

(Tableau 6)

$\frac{05}{4}$

b. Colonnes 3-6 : numéro du sondage

Exemple : sondage n° 325

$\frac{0325}{36}$

c. Colonne 7 : numéro de la carte "suite"

La carte perforée de ce type ne peut contenir les résultats que de cinq séries de mesures, celles-ci sont généralement plus nombreuses pour chaque essai. Une colonne "suite" a été prévue pour continuer la notation de ces mesures au delà de cinq séries.

IMAG-FORTRAN

NOM:
TEL:

FICHER PRESSIOMETRE-05

L	NUMERO		PROF		E		PF		PL		PROF		E		PF		PL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2																		
3																		
4																		
5																		

Figure 19. Bordereau de perforation - Fichier "Pressiomètre".

IMAG-FORTRAN.

NOM:
TEL:

FICHER PENETROMETRE-06

L	NUMERO		PROF		E		PF		PL		PROF		E		PF		PL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2																		
3																		
4																		
5																		

Figure 20. Bordereau de perforation - Fichier "Pénétration".

Une nouvelle ligne est alors commencée à partir de son début (code du fichier, numéro du sondage), en notant dans la colonne 7 :

- . pour la première ligne "suite" : $\frac{1}{7}$
- . pour la deuxième ligne "suite" : $\frac{2}{7}$
- . etc...

d. Colonne 12 : précision sur les profondeurs (CP)

Exemple : précision = 10 cm - 30 cm $\frac{2}{12}$

e. Colonnes 8-11 : profondeur de l'essai

Unité : mètre (m) Précision : 0,1 m
Exemple : profondeur = 16,8 m $\frac{0\ 1\ 6\ 8}{8\ 11}$

f. Colonne 13-16 : module pressiométrique (E)

Unité : bar Précision : 1 bar
Exemple : E = 2200 bars $\frac{2\ 2\ 0\ 0}{13\ 16}$

g. Colonnes 17-19 : pression de fluage (PF)

Unité : bar Précision : 0,1 bar
La notation se fait suivant la méthode des exposants.
Exemple : PF = 2 bars = $2 \cdot 10^0$ bars $\frac{0\ 2\ 0}{17\ 19}$
PF = 50 bars = $5 \cdot 10^1$ bars $\frac{1\ 5\ 0}{17\ 19}$
PF = 500 bars = $5 \cdot 10^2$ bars $\frac{2\ 5\ 0}{17\ 19}$

h. Colonnes 20-22 : pression limite (PL)

Les unité, précision et principe de notation sont les mêmes que pour PF.

Exemple : PL = 350 bars = $3,5 \cdot 10^2$ bars $\frac{2\ 3\ 5}{20\ 22}$
PL = 2,5 bars = $2,5 \cdot 10^0$ bars $\frac{0\ 2\ 5}{20\ 22}$

Nous pouvons noter, sur chaque ligne du bordereau, cinq séries de mesures profondeur, E, PF, PL.

3.2.6. Fichier "Pénétration" (Figure 20)

a. Colonnes 1-2 : numéro du fichier

(Tableau 6) $\frac{0\ 6}{1}$

b. Colonnes 3-6 : numéro du sondage

Exemple : sondage n° 325 $\frac{0\ 3\ 2\ 5}{3\ 6}$

c. Colonne 7 : numéro de la carte "suite"

Le mode d'utilisation de cette rubrique est le même que précédemment. Ici, nous pouvons noter dix séries de mesures (profondeur, Rp ou Rd).

d. Colonnes 8-9 : type de l'essai de pénétration (NP)

Exemple : pénétromètre statique (Tableau 19) $\frac{01}{8}$

e. Colonne 10 : précision sur la profondeur (CP)

Exemple : précision 10 cm - 30 cm (Tableau 8) $\frac{2}{40}$

f. Colonnes 11-14 : profondeur de l'essai (PROF)

Exemple : profondeur = 16,6 m $\frac{0166}{11 \quad 14}$

g. Colonnes 15-17 : valeur des résistance de pointe (RP) ou dynamique (RD)

Unité : bar Précision : 1 bar
 Exemple : Rp = 400 bars $\frac{400}{15 \quad 17}$
 Rd = 250 bars $\frac{250}{15 \quad 17}$

Nota : nous convenons de noter le refus par la valeur : 999 bars.

3.2.7. Fichier "Nappe" (Figure 21)

a. Colonnes 1-2 : numéro du fichier

(Tableau 6) $\frac{07}{1}$

b. Colonnes 3-14 : localisation géographique du point de mesure

Unité : Km Précision : 1 m
 Exemple : X Lambert = 867,932 Km $\frac{867932}{3 \quad 14}$
 Y Lambert = 323,485 Km $\frac{323485}{3 \quad 14}$

c. Colonne 15 : précision sur les coordonnées Lambert (C XY)

Exemple : erreur estimée à moins de 1 m (Tableau 7) $\frac{5}{15}$

d. Colonne 16 : précision sur la cote N.G.F. du point de mesure

Exemple : précision = 10 cm - 30 cm (Tableau 8) $\frac{2}{16}$

NOM:
TEL:

BORDEREAU PERFORATION

FICHIER NAPPE-07

PAGE:

NO	X	Y	C	Z	N	G	Z	Z	Z	DATE															
										J	M	A													
1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Figure 21. Bordereau de perforation - Fichier "Nappe".

e. Colonnes 17-21 : cote N.G.F. du point de mesure (Z NGF)

Exemple : Z NGF = 210,5 m

$$\begin{array}{r} 0 \ 2 \ 1 \ 0 \ 5 \\ \hline 17 \qquad \qquad 21 \end{array}$$

f. Colonnes 23-27 : cote N.G.F. de la nappe (Z NAPPE)

Exemple : Z NAPPE = 202,3 m

$$\begin{array}{r} 2 \ 0 \ 2 \ 3 \\ \hline 23 \qquad \qquad 27 \end{array}$$

g. Colonne 22 : précision sur la cote N.G.F. de la nappe (Czn)

Exemple : précision = 10 cm - 30 cm (Tableau 8)

$$\begin{array}{r} 2 \\ \hline 22 \end{array}$$

h. Colonnes 28-33 : date de la mesure (DATE)

DATE-J = jour DATE-M = mois DATE-A = année

Exemple : 5 juillet 1972

$$\begin{array}{r} 0 \ 5 \ 0 \ 7 \ 7 \ 2 \\ \hline 28 \qquad \qquad \qquad 33 \end{array}$$

Chaque ligne du bordereau peut contenir les informations relatives à deux points de mesures.

Chapitre 4

LES PROGRAMMES DE TRAITEMENT

1. Présentation

Le principe même d'une base de données est de pouvoir être alimentée par toute information nouvelle et de permettre l'accès à cette information à tout instant. C'est à ces fins que nous avons conçu les quelques programmes aujourd'hui réalisés : programmes de mise à jour, permettant donc d'actualiser le fichier, et programmes d'édition permettant certaines mises en page des informations.

L'utilisation pratique de ces programmes nécessitant quelques notions de base en informatique et programmation adaptées à l'ordinateur IBM 1130, nous ne ferons ici que présenter les principes généraux de leur fonctionnement ainsi que leurs réalisations.

2. Les programmes de mise à jour

Le stockage des informations tel que nous l'avons décrit au chapitre 3 nécessite, outre la mise sur cartes perforées, certaines manipulations dont l'enregistrement de ces cartes sur disque magnétique. Dans les cas de mise à jour des différents fichiers, nous examinerons successivement les types d'informations concernées par les opérations de stockage et les programmes commandant ces opérations.

2.1.1. Les données enregistrées

Chaque donnée concernée par ces enregistrements est traitée au sein du programme (ici le programme de mise à jour) sous la forme de variable-fortran, caractérisée par un type (variable entière ou variable réelle) et un format de lecture correspondant à ce type de variable. Ces variables-fortran sont groupées, pour les opérations de stockage sur disque, en enregistrements logiques. Ces enregistrements sont divisés à leur tour en mots-mémoire (unité élémentaire d'information de l'enregistrement logique), auxquels peuvent correspondre une ou plusieurs variables-fortran dans leur format de lecture.

Le tableau 22 présente, à titre d'exemple, les relations existant entre . les données du fichier SITUA ("Situation") ; . les variables-fortran correspondantes ; en précisant également le format de lecture de chaque variable et le nombre de mots-mémoire qui lui correspond au sein de l'enregistrement logique.

Cette étape de "mise en place" suit nécessairement la mise en forme des données telle que nous l'avons examinée au chapitre 3, § 2.2.1. Elle est indispensable à toute opération de stockage.

Variable-Fortran	Nature des données	Format de lecture	Nombre de mots-mémoire
ICØD1	Numéro du fichier	I2	1
NØS1	Numéro du sondage	I4	1
IX1	X Lambert	I3	1
IX2		I3	1
IY1	Y Lambert	I3	1
IY2		I3	1
ICR	Crédibilité sur X-Y + crédibilité sur Z	I2	1
IZ1	Altitude Z	I3	1
IZ2		I2	1
NØM(I)	Nom du chantier	A2	18
IDAT1	Date des reconnaissances	I4	1
IGIN	Origine du dossier	I2	1
IREF1	Références du dossier	I3	1
IREF2		I3	1
IFCH1	Fichiers ouverts au n° du sondage	I4	1
IFCH2		I3	1

Tableau 22

Nom du fichier de décodage	Nature des données
FICHR	Noms des fichiers élémentaires
CRED1	Précisions sur coordonnées Lambert
CRED2	Précisions sur altitude
DATES	Dates des reconnaissances
ØGINE	Origines des dossiers
NATUR	Nature des terrains
TYPØ	Types de sondages
BEDRØ	Présence du substratum
MINER	Compositions minéralogiques
MØDPR	Modes d'échantillonnages
CISAL	Types d'essais de cisaillement
TASSM	Types d'essais de tassement
PRØCT	Types d'essais Proctor
PERM	Types d'essais de perméabilité en laboratoire
PENTR	Types d'essais de pénétration

Tableau 24 : Fichiers de décodage utilisés par le programme EDITN

2.1.2. Le programme CØNST

Le programme CØNST permet l'enregistrement des données sur un ou plusieurs fichiers élémentaires. Il nécessite avant tout de connaître les nombres de cartes destinées à alimenter chaque fichier. La figure 22 illustre, à titre d'exemple, l'enregistrement des données sur le fichier SITUA. Le principe de ces enregistrements sur les autres fichiers élémentaires est identique. Pour permettre toute vérification, les données enregistrées sont éditées simultanément à l'imprimante et les cartes correspondant à chaque enregistrement sont comptées. Un type d'enregistrement fait exception : celui des cartes MECAQ (fichier "Propriétés Mécaniques"), pour lequel deux cartes sont lues pour un seul enregistrement. Le tableau 23 montre, dans le cas, du fichier SITUA, le type d'édition obtenue permettant ces vérifications.

2.2. La mise à jour des fichiers de décodage

2.2.1. Les fichiers de décodage

Pour une lecture plus aisée des informations éditées à l'imprimante, grâce au programme EDITN (cf. § 3.), nous avons créé quinze fichiers permettant un décodage schématique des données entrées en machine sous forme codée (Tableau 24). Ces fichiers comportent, pour l'instant, un nombre donné d'individus, qui peut bien sûr être modifié par la suite, lors des mises à jour du fichier général (par exemple : nouveau type de sondage ou nouveau procédé d'échantillonnage). Nous avons réuni sur chaque fichier, au sein du même enregistrement logique, et pour chaque donnée :

- . son code, numérique ou alphanumérique ;
 - . sa signification en abréviations les plus claires possibles.
- Un exemple de cet arrangement est donné par le tableau 25, consignnant les différents organismes détenteurs de dossiers géotechniques.

Ainsi durant les opérations de décodage commandées par le programme d'édition EDITN, la machine "compare" les données lues sur le disque sous forme codée avec les enregistrements du fichier de décodage correspondant, pour n'éditer que la partie "en clair" de ces enregistrements. Le principe de ces opérations de décodage est illustré en figure 24, § 3., le type d'édition en résultant, en figure 25, § 3.

2.2.2. Le programme LEXIQ

Le programme LEXIQ permet le stockage et la mise à jour de ces fichiers de décodage. Nous n'entrerons pas ici dans les détails de son fonctionnement, puisque celui-ci est identique à celui du programme de mise à jour des fichiers élémentaires (CØNST). Notons simplement que les enregistrements effectués sont également édités à l'imprimante pour permettre toute vérification de la part de l'utilisateur.

3. Le programme d'édition à l'imprimante : EDITN

La plupart des programmes d'édition ont été conçus pour permettre une interrogation ponctuelle du fichier sur une zone Lambert donnée. Le programme EDITN édite donc les informations relatives à un ou plusieurs sondages après interrogation des fichiers élémentaires qu'ils ont alimentés. Ces informations paraissent en termes clairs, c'est à dire non codés, et mises en page.

Le fonctionnement général du programme EDITN est illustré par la figure 23 dans le cas des interrogations des fichiers SITUA ("Situation") et LITHØ ("Lithologie"). A la lecture du fichier SITUA, les coordonnées Lambert du sondage sont calculées, puis comparées aux coordonnées Lambert de la zone étudiée. Lorsque le sondage en fait partie, les fichiers élémentaires ouverts au même numéro de sondage sont lus et dépouillés. Ce type d'accès à l'ensemble des fichiers élémentaires a été décrit au chapitre 3, § 3.2.1., et illustré par la figure 14.

Le dépouillement des informations directement issues des fichiers consiste à restituer les données numériques sous leur forme initiale, les données alphanumériques, stockée sous forme codée, sont décodées, après interrogation des fichiers de décodage correspondants (§ 1.2.1.), puis éditées en des termes compréhensibles par chacun. Le principe de ces opérations de décodage est décrit en figure 24. Le type de document obtenu à l'issue du fonctionnement du programme EDITN est montré en figure 25, dans le cas du fichier SITUA.

4. Les programmes d'édérations graphiques

Les éditions envisageables à l'imprimante n'épuisent pas, à elles seules, les objectifs de nos travaux, qui étaient, rappelons-le, de mettre au point un système de traitement permettant de visualiser les données de sondages répertoriées au fichier. Nous avons donc convenu d'utiliser le traceur comme autre type de sortie des informations. Celui-ci est en effet très intéressant dans notre cas puisqu'il permet l'édition de plans, coupes et cartes sur le support choisi (calque, fond topographique).

4.1. Les sous-programmes de tracés

Deux sous-programmes de tracés ont été conçus pour être utilisés par les programmes principaux GEØL, ISØPA et PØZØN (§ 3.1.2.). Ils permettent la mise en page des dessins en plan lorsque le support utilisé est neutre (calque), ou de positionner le dispositif de traçage pour un travail sur plan préimprimé ou carte. Dans les deux cas, ces sous-programmes opèrent aux échelles choisies par l'utilisateur.

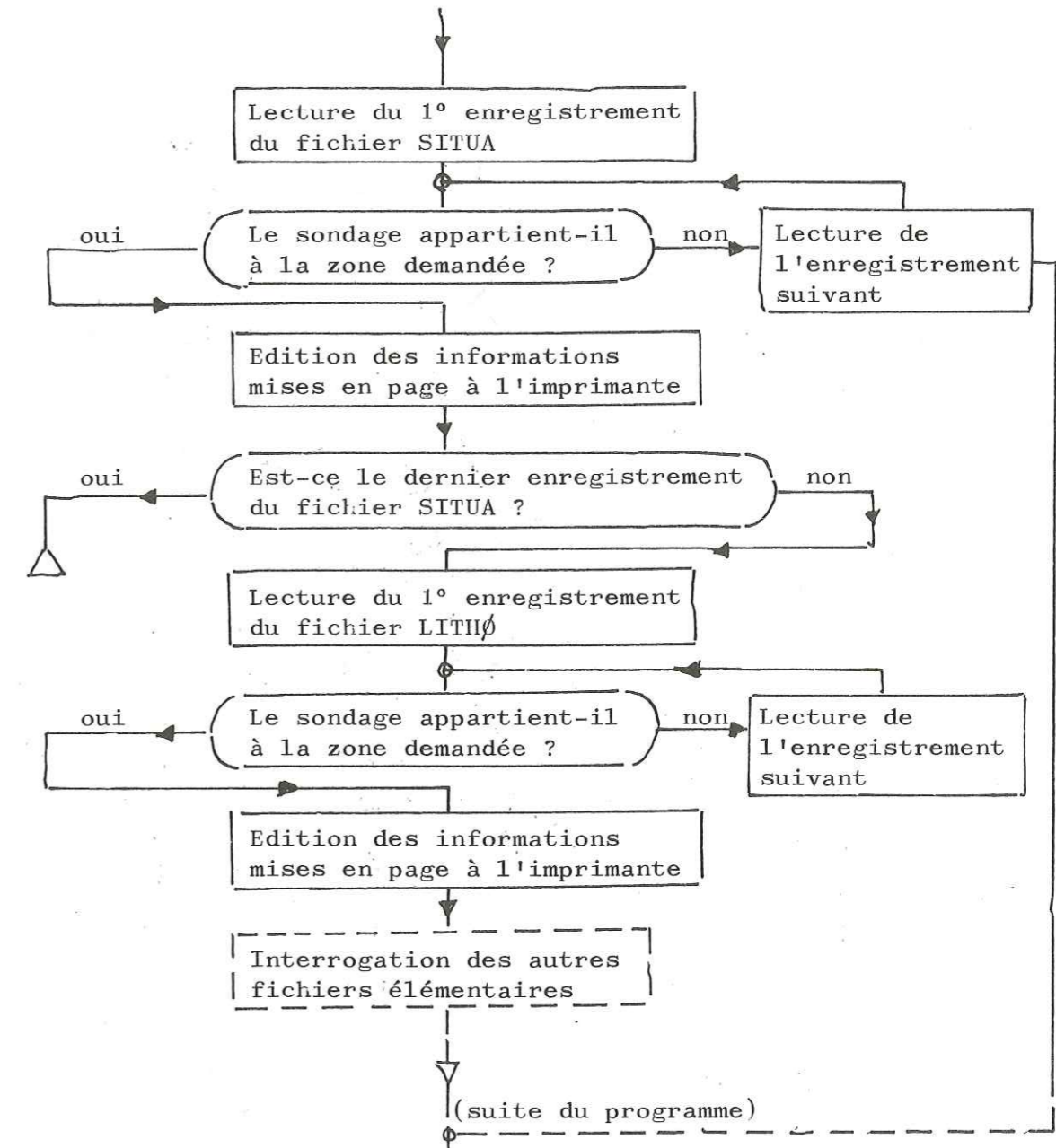


Figure 23 : Fonctionnement général du programme EDITN (interrogation des fichiers SITUA et LITHØ)

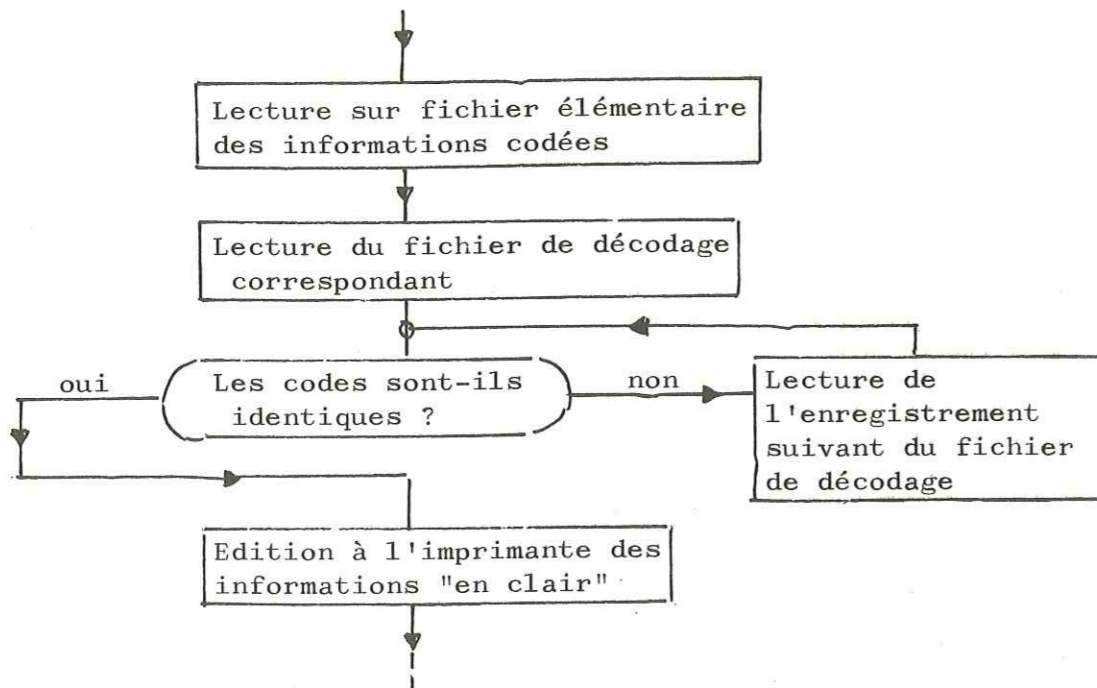


Figure 24 : Principe d'une opération de décodage

OGINE = ORIGINES DES DOSSIERS

00	
01	SOLETANCHE
02	INSTITUT MECANIQUE GRENOBLE
03	SOCOTFC GRENOBLE
04	MECASOL PARIS
05	BUREAU BERG
06	EQUIPEMENT
07	COYNE ET BELLIER
08	ELECTRICITE DE FRANCE
09	P.E.C.
10	SOGREAH
11	THESE UNIVERSITE
12	SERVICES TECHN. GRFNOBLE
13	F.T.F. LYON
14	FONDASOL
15	SERVICES EAUX GRENOBLE
16	BRGM LYON

Tableau 25 : Fichier OGINE : nom des organismes détenteurs de dossiers géotechniques (extraits)

```

*****
** FICHIER **
** FTAT CIVIL **
** NUMERO DU SONDAGE **
** COORDONNEES LAMBERT (EN KM) **
** PRECISION SUR X-Y **
** ALTITUDE (COTE NGF=EN M) **
** PRECISION SUR Z **
** ANCY-RUT DE LA RECONNAISSANCE **
** DATE DE LA RECONNAISSANCE **
** ORIGINE DU DOSSIER **
** REFERENCE DU DOSSIER **
** FICHIERS OUVERTS **
*****
** 1 **
** X = 866.170 **
** Y = 323.520 **
** Z = 222.0 **
** 10M-30M **
** 30CM-1M **
** AOUT 1964 **
** INSTITUT MECANIQUE GRENOBLE **
** 6514 **
** 0321 **
*****
  
```

Figure 25 : Exemple d'édition des informations sur imprimante (fichier SITUA)

a. Le sous-programme DRAW1

Le sous-programme DRAW1 permet d'introduire en machine les coordonnées Lambert de la zone étudiée, l'échelle et le titre du dessin. A partir de ces données se tracent un cadre gradué, et le titre indiqué par l'utilisateur. Son fonctionnement, très simple, est décrit en figure 26.

b. Le sous-programme DRAW3

Ici, seules sont nécessaires les valeurs qui définissent la zone sur laquelle le fichier doit être interrogé, et l'échelle de la carte ou du plan sur lequel doit s'exécuter le dessin. Le sous-programme DRAW3 ne fait donc qu'introduire certaines données en machine, suivant le schéma décrit en figure 27.

4.1.2. Les programmes principaux de dessin

a. Le programme PØZØN

Le programme PØZØN permet, en interrogeant le fichier sur une zone Lambert donnée, une implantation des sondages sur le support choisi par l'utilisateur. Deux options ont été définies pour ce programme :

- . une implantation avec ou sans numéro de sondages ;
- . une implantation différenciant ou non les sondages répertoriés. Le programme distingue, pour cette option, trois types de sondages :

- les sondages mécaniques ;
- les sondages géophysiques ;
- les sondages pénétrométriques.

Quatre combinaisons sont ainsi possibles à partir de ces deux options. D'autres distinctions peuvent toujours être programmées (par exemple les sondages suivis d'essais pressiométriques).

Ce programme peut être utilisé soit pour des interrogations ponctuelles du fichier en vue d'études locales, soit pour tenir à jour un bilan général de ce même fichier, sous la forme d'un plan de position de sondage. Après choix des options et entrée des données (coordonnées Lambert de la zone étudiée, nombre d'enregistrements des fichiers SITUA et LITHØ), le programme interroge le fichier SITUA pour placer les points appartenant à la zone demandée, et, suivant l'option "sondages différenciés", le fichier LITHØ pour définir le type de symbole correspondant. Enfin toujours suivant l'option choisie, les points sont numérotés.⁽¹⁾ Un exemple d'édition graphique réalisée par le programme PØZØN est donné en figure 28.

(1) Les numéros des sondages sont ceux qui leur ont été attribués au cours de leur stockage.

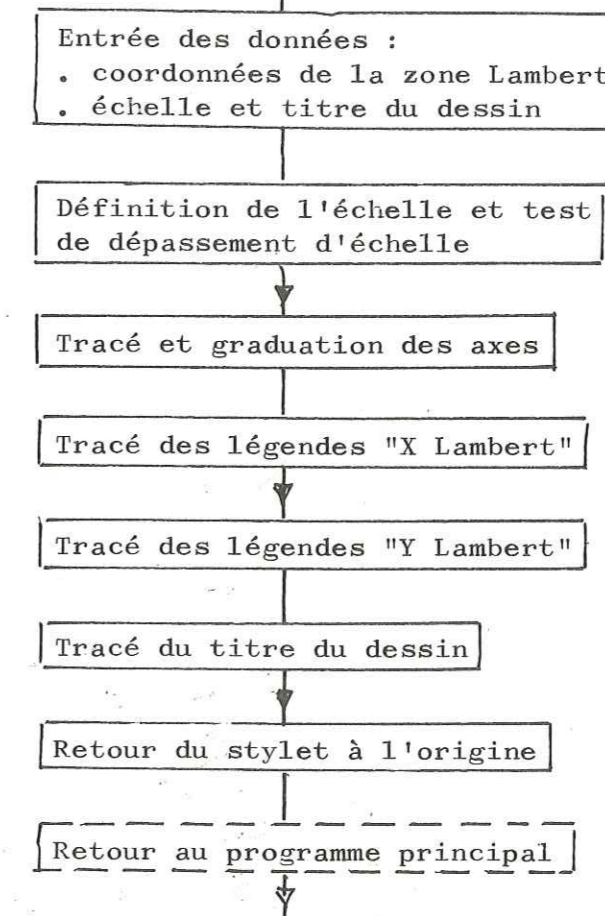


Figure 26 : Fonctionnement général du sous-programme DRAW1

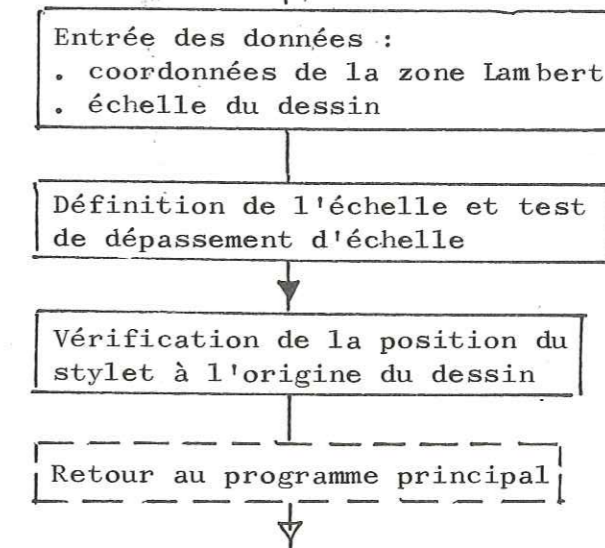


Figure 27 : Fonctionnement général du sous-programme DRAW3

PLAN POSITION SONDAGES

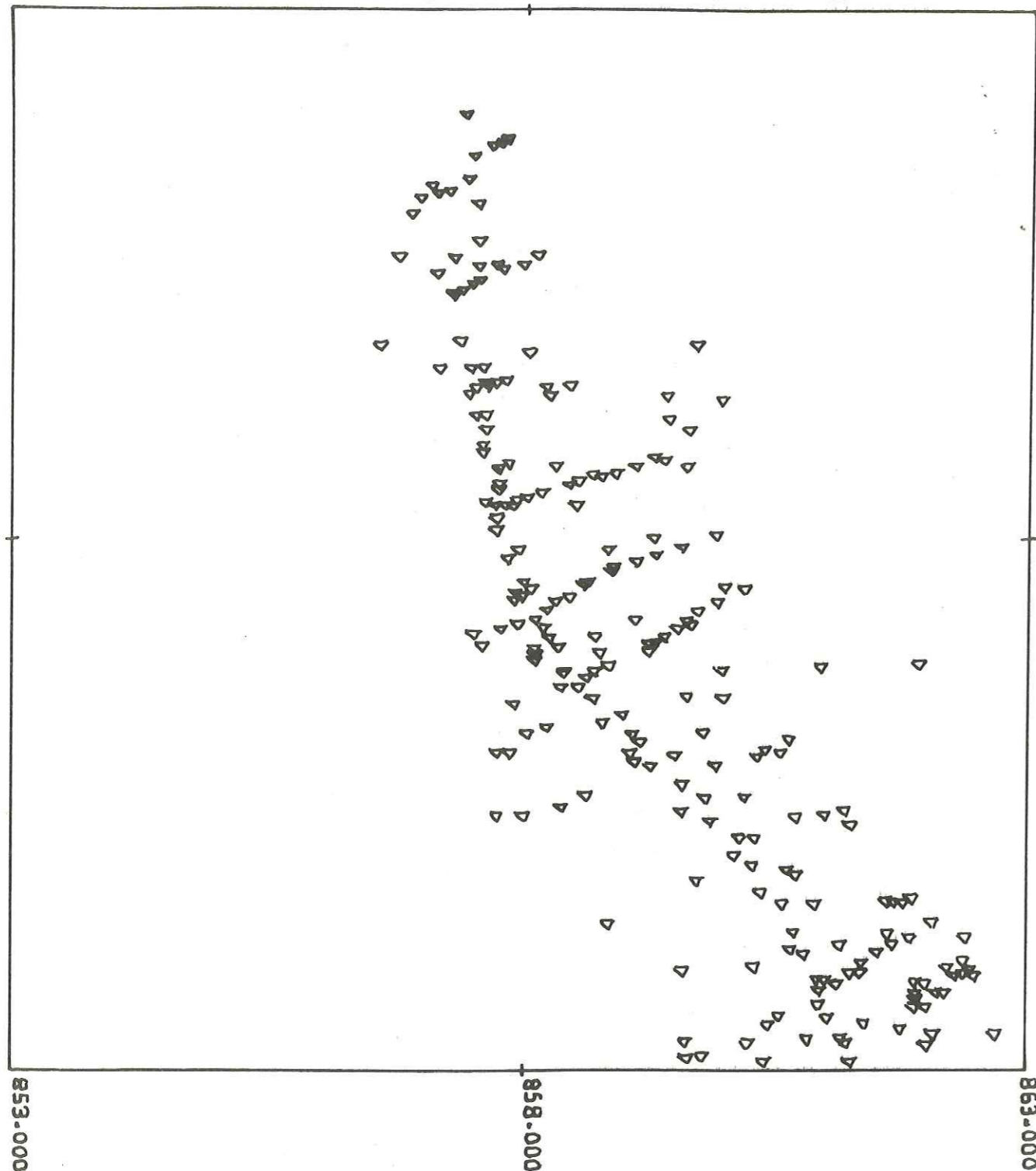


Figure 28 : Exemple d'édition graphique réalisée par le programme POZON : implantation des sondages (non différenciés, non numérotés) des environs de Voreppe, entre les coordonnées Lambert :

X = 853. - 863. (Km)
Y = 331. - 341. Echelle 1/50 000

b. Le programme ISØPA

Le programme ISØPA permet l'édition sur plan et selon l'option choisie :

- . de l'épaisseur des sols fins de surface, ou en d'autres termes, la profondeur par rapport au terrain naturel du premier niveau grossier rencontré en sondage ;
- . de la cote N.G.F. du toit de ce premier niveau grossier.

Nous avons conçu ce programme ISØPA dans une optique bien particulière de la cartographie géotechnique : l'aptitude des terrains aux fondations. Les résultats offerts par ce programme en permettent une certaine approche qualitative, puisque celui-ci ne s'intéresse en fait qu'aux sols du remplissage alluvial des vallées de l'Isère et du Drac. Comme nous pourrions le voir plus loin (chapitre 5, § 3.2.), les sols fins constituent généralement les premiers mètres de ce remplissage alluvial, cette configuration intervenant surtout dans le Bas-Grésivaudan et en partie dans la Cluse de l'Isère.

Nous avons donc groupé les sols du remplissage alluvial en deux ensembles inspirés du répertoire utilisé pour le stockage des données du fichier Lithologie (Tableaux 11 et 12, chapitre 3) :

- . les sols fins avec :
 - . terre végétale
 - . argile ou limon organique
 - . argile
 - . argile avec éléments détritiques grossiers
 - . limons
 - . tourbe
 - . sables argileux
 - . sables limoneux
 - . remblais
- . les sols grossiers avec :
 - . graviers propres
 - . graviers sableux
 - . graviers argileux
 - . graviers limoneux
 - . sables propres

Comme précédemment l'interrogation du fichier se fait sur une zone Lambert donnée. A la lecture du fichier SITUA, lorsque le sondage fait partie de la zone étudiée, le fichier LITHØ est à son tour interrogé. La coupe du sondage est décrite, et, à la rencontre du premier niveau grossier défini ci-dessus, apparaît au traceur, selon l'option choisie, l'épaisseur des sols fins de surface ou la cote N.G.F. de ce premier niveau grossier.

Il faut noter que le programme ISØPA ignore la nature des terrains sous ce premier niveau grossier. C'est là une particularité que l'utilisateur doit connaître.

ISOPAQUES SOLS FINS

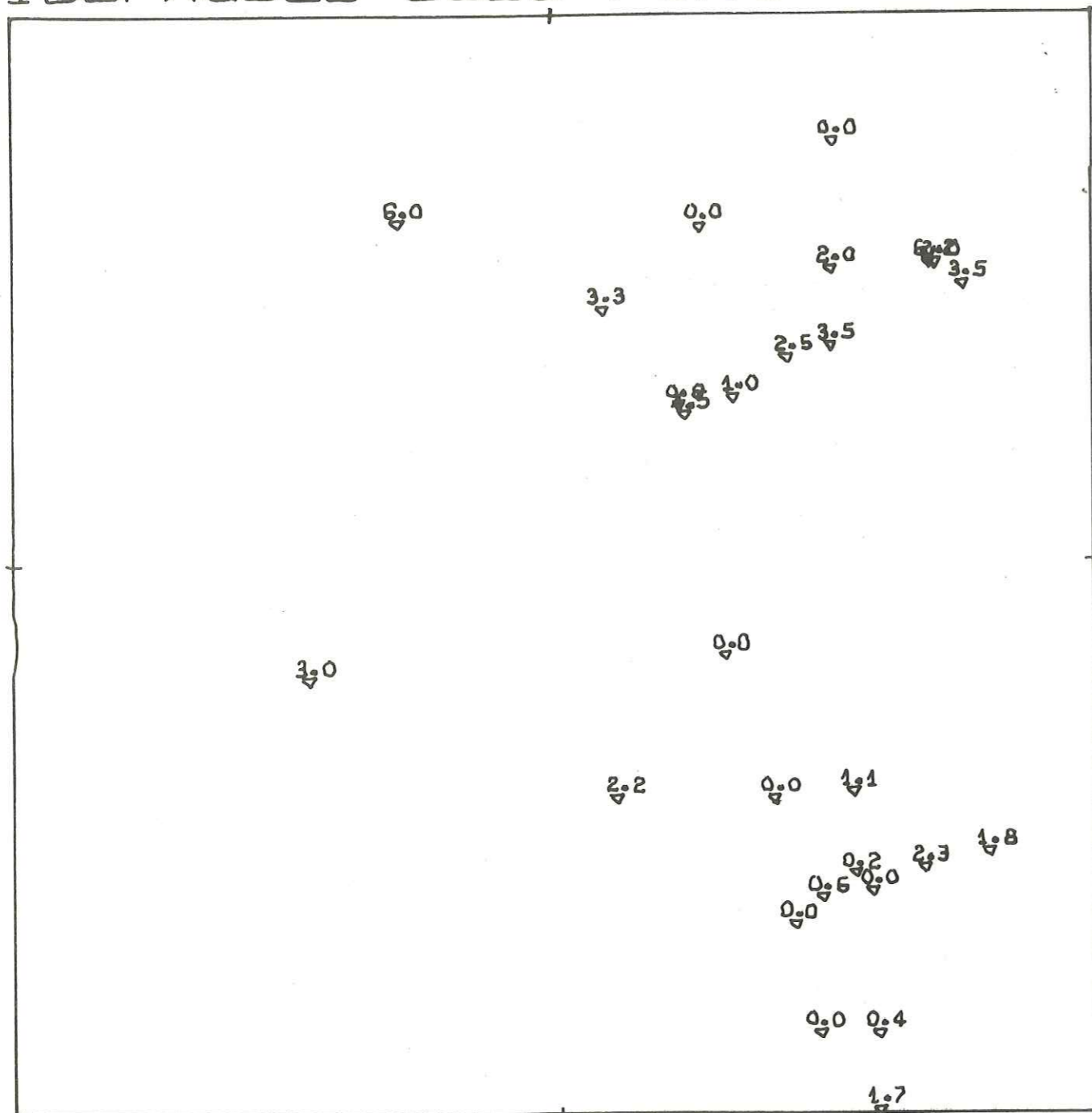


Figure 29 : Exemple d'édition graphique réalisée par le programme ISOPA : épaisseur des sols fins de surface des environs de Voreppe entre les coordonnées Lambert :

X = 856. - 858. (Km)
Y = 337. - 339. Echelle 1/10 000

Remarque : A ce propos, nous devons signaler, dès à présent, que le programme CØUPE peut opérer en complément d'ISØPA pour lever cette indétermination (§ 3.2.).

Les résultats du programme ISØPA apparaissent suivant l'exemple décrit par la figure 29.

c. Le programme GEØL

Le programme GEØL interroge le fichier sur une zone Lambert donnée, pour aboutir à trois types d'éditions sur plan, choisies sur option :

- . l'édition de la nature du sous-sol sous la couche de terre végétale;
- . l'édition de la nature du sous-sol à une profondeur donnée par rapport au terrain naturel ;
- . l'édition de la nature du sous-sol à une cote N.G.F. donnée.

Les profondeur et cote N.G.F. des coupes sont indiquées par l'utilisateur en début de programme. Les points sont implantés après interrogation du fichier SITUA. Puis une série de tests sur le contenu des sondages répertoriés sur le fichier LITHØ détermine le symbole à tracer sur plan aux coordonnées du sondage. En fin de programme une légende s'inscrit au lieu indiqué par l'utilisateur. Un exemple d'édition graphique réalisée par le programme GEØL est illustré par la figure 30.

4.2. Les tracés en coupe

Le programme CØUPE a été conçu pour compléter la reconstitution dans l'espace de la géométrie des ensembles lithologiques du sous-sol. Ce programme permet d'obtenir le tracé automatique de logs de sondages schématisés selon un itinéraire choisi par l'utilisateur. Ce dernier indique, outre les échelles, verticale et horizontale, du dessin, les numéros des sondages par lesquels doit passer la coupe. Dans sa version actuelle, le programme CØUPE peut décrire 50 sondages, ce nombre pouvant toujours être modifié. Bien entendu, la coupe concerne les sondages qui ont délivré des renseignements d'ordre géologique.

Ces sondages et leur numéro sont ceux édités, par exemple, par le programme PØZØN. L'itinéraire de la coupe est construit automatiquement selon le schéma décrit en figure 31, à partir de la position du premier sondage de la coupe repéré par ses coordonnées Lambert. Les logs de sondages sont schématisés par un trait vertical gradué aux limites de terrains. La nature de ces derniers s'inscrit entre ces limites, en termes abrégés inspirés du répertoire utilisé pour le stockage des données du fichier "Lithologie" (Tableaux 11 et 12, chapitre 3). En fin d'exécution du programme, un légende complète le dessin. Un exemple d'édition graphique réalisée par le programme CØUPE est donné en figure 32.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

LITHOLOGIE SUBSURFACE

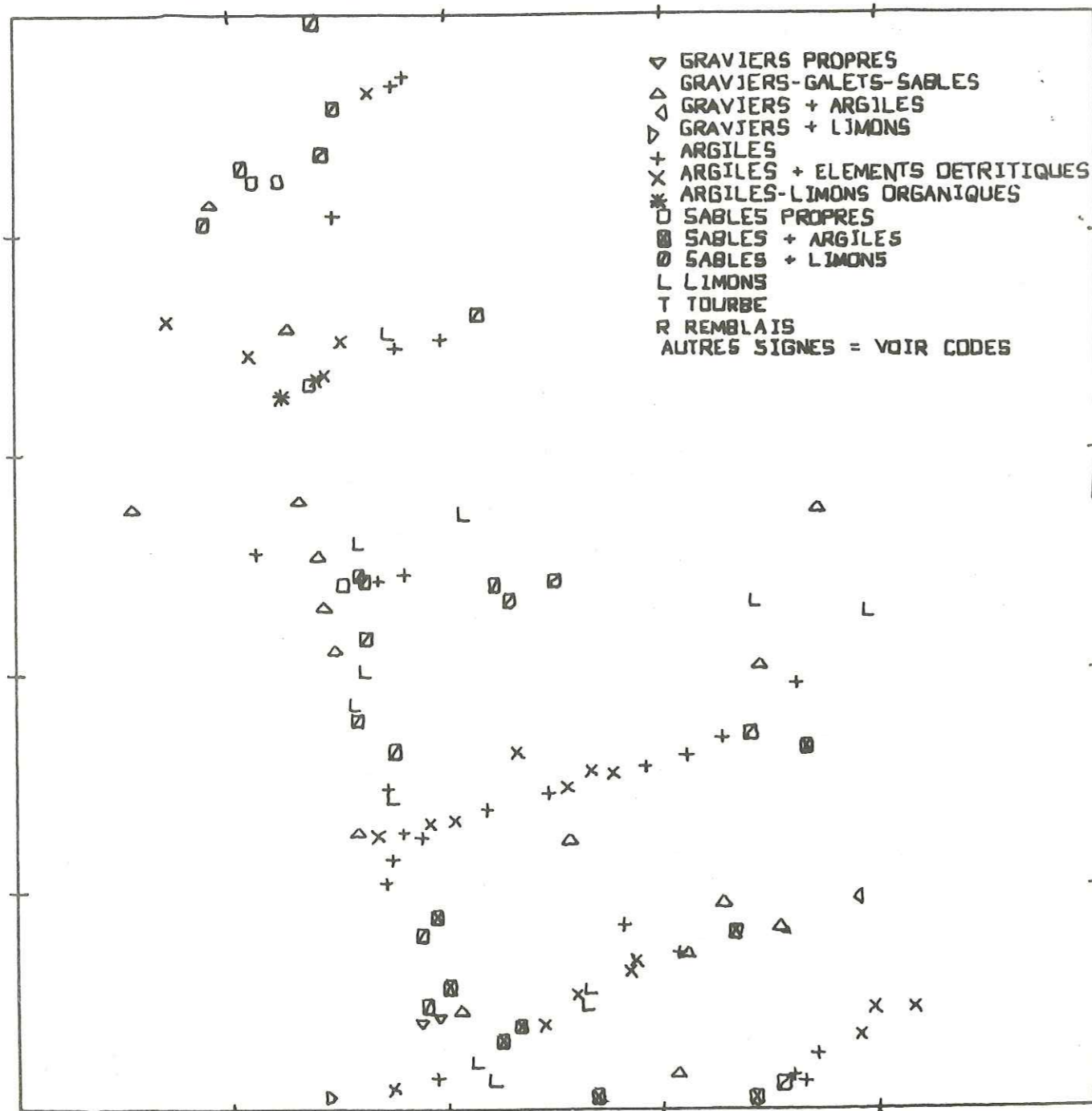


Figure 30 : Exemple d'édition graphique réalisée par le programme GEOL : nature du sous-sol sous la terre végétale aux environs de Voreppe entre les coordonnées Lambert :
 X = 856. - 861. (Km)
 Y = 335. - 340. Echelle 1/25 000

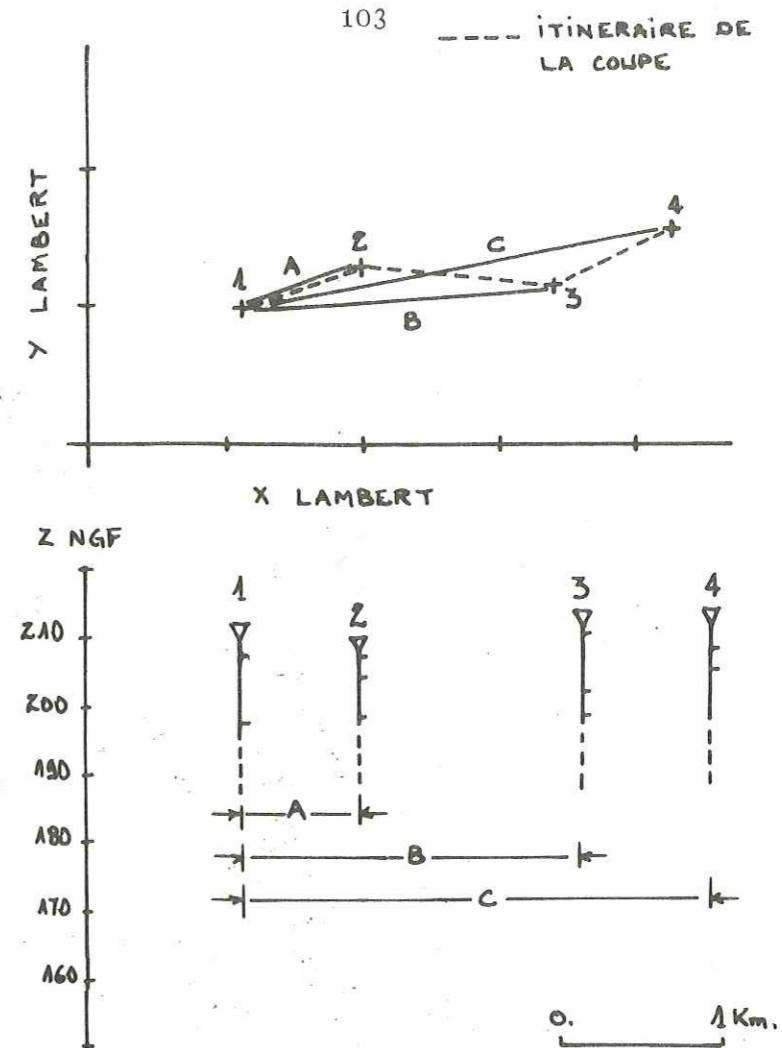


Figure 31 : Principe des itinéraires construits par CØUPE

LEGENDE

SOLS

- TV Terre végétale
- A Argile
- AL Argile-Limon organique
- ASG Argile + éléments dét.
- G Graviers propres
- GS Graviers-galets-sables
- GA Graviers + argile
- GL Graviers + limon
- S Sable propre
- SA Sable + argile
- SL Sable + limon
- L Limon
- T Tourbe
- R Remblais

ROCHES

- CALC Calcaire massif
- CALM Calcaire marneux-argileux
- MARN Marnes-marnes sableuses
- MCAL Marnocalcaire-calc.petits bancs
- ARGT Argilite
- GRES Grès-calcaire détritique
- SCHI Schistes
- DOLM Dolomie-calc.dolomitique
- GYPS Gypse-cargneule
- CONG Conglomérats
- EAU Eau
- Autres signes = voir codes

Légende de la figure 32 : réplique de la légende automatique dessinée par le programme CØUPE.

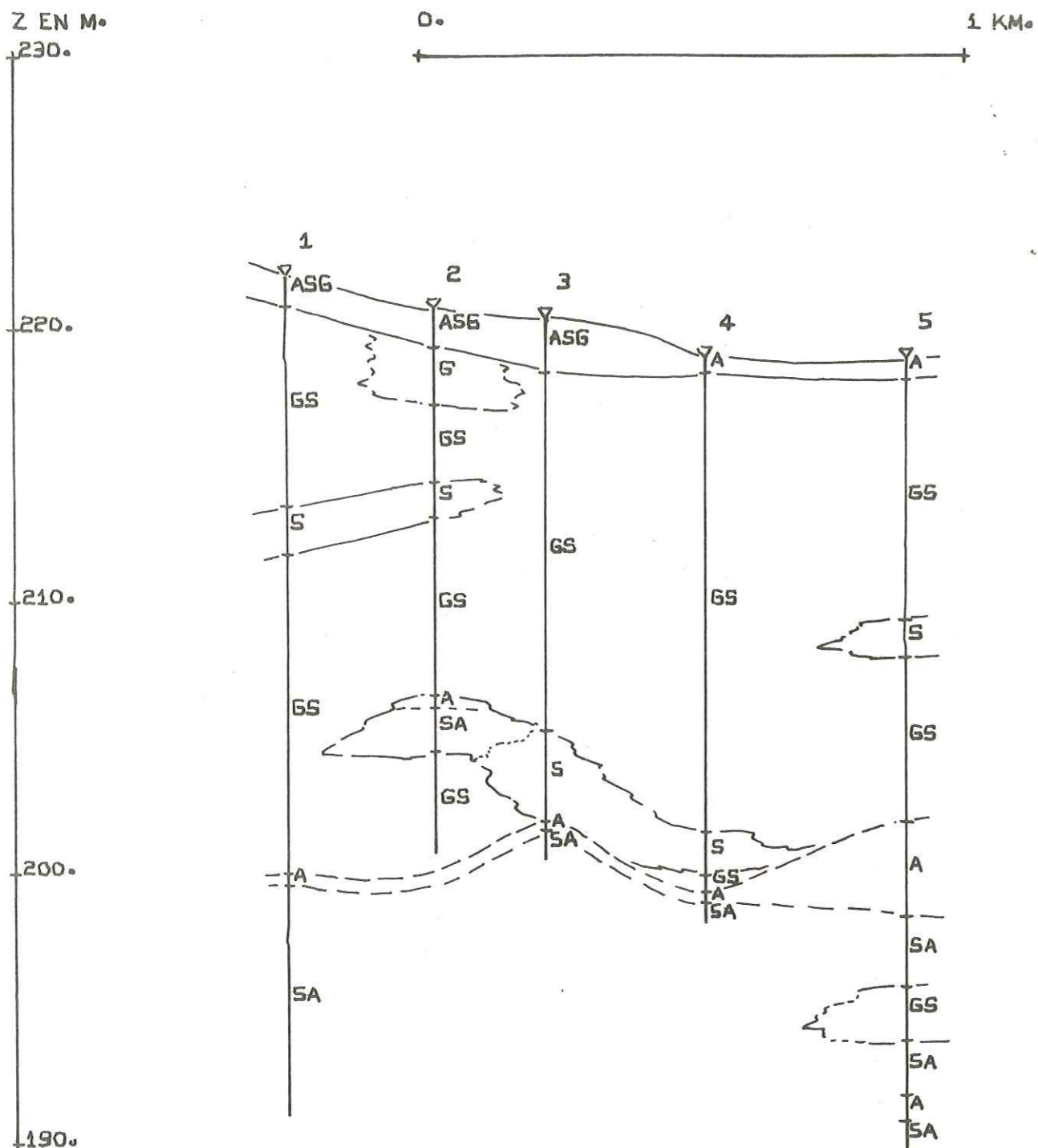


Figure 32 : Exemple d'édition graphique réalisée par le programme COUPE et interprétation en résultant

Remarque :

Nous n'avons pu exploiter, dans les limites de temps qui nous étaient imparties, la méthode de tracé de coupes automatiques telle que l'avait conçue J.L. Favre (1972) dans ses premiers travaux. L'auteur, rappelons-le, proposait l'utilisation des courbes "splines" (de courbure minimale) pour simuler les limites de couches. Les coupes étaient menées selon un itinéraire (profil curviligne), qui suivait le maillage d'un réseau curviligne, passant par un nombre maximal de sondages. Les tangentes aux limites de couches calculées pour chaque point, servaient aux calculs des courbes frontières définissant les "Surfaces de Coons", représentation dans l'espace de ces limites de couches.

Malgré son aspect séduisant, nous n'avons pu utiliser cette méthode. Les corrélations entre coupes géologiques de différents sondages ne sont en effet envisageables que pour l'étude de structures géologiques simples à modéliser, où la même succession verticale des terrains se suit d'un sondage à l'autre (M. Arnould, M. Vantrois, 1970). Dans le cas d'un milieu alluvial; les modèles de simulation doivent tenir compte d'une réalité complexe : le plus souvent les alluvions sont constituées d'ensembles lenticulaires, discontinus par définition. Ainsi une même limite de couche (par exemple : argile sur sable) peut se retrouver à plusieurs reprises dans une ou plusieurs coupes de sondages. Dans un tel contexte, les corrélations entre deux coupes sont pour le moins délicates. Aussi avons-nous choisi de réserver la part d'interprétation des tracés automatiques à l'utilisateur. Cette méthode nous semble pour l'instant satisfaisante.

5. Conclusions provisoires

Dans leur version actuelle, les programmes de traitement nous ont permis de réaliser un certain nombre de documents, que nous pourrions analyser au chapitre 5. N'ayant pas pu résoudre tous nos problèmes par le seul biais de la programmation, nous voudrions revenir sur un point essentiel les concernant : leurs limites d'utilisation.

5.1. Les programmes de tracés sur plan (PØZØN, ISØPA, GEØL)

Les données concernant les sols du milieu alluvial n'ont pu être introduites en machine de manière distincte de celles concernant les sols des formations de couverture des versants.

Connaissant la réelle complexité de ces limites (imbrication de faciès), nous n'avons pas pu programmer de solution satisfaisante. Ainsi la machine ne sait différencier, pour l'instant, les sondages implantés, par exemple, sur un cône de déjection ancien, de ceux implantés sur

les alluvions. Nous avons été contraints de ce fait d'effectuer un report manuel de ces limites, nous inspirant ainsi des travaux cartographiques antérieurs de B. Couturier (1974) et H. Margalhan-Ferrat (1975). L'interprétation des résultats des programmes ISØPA et GEØL ne tient compte que des sondages effectués dans la plaine alluviale.

Le programme ISØPA, nous l'avons vu, relève la profondeur du toit du premier niveau grossier rencontré en sondage. Nous en examinerons ultérieurement les conséquences (chapitre 5, § 4.1.2.).

5.2. Le programme de tracé en coupe (CØUPE)

Les corrélations automatiques entre sondages nous ont parues délicates à mettre en place dans le contexte géologique étudié. L'interprétation des résultats du programme CØUPE est effectuée par l'utilisateur, qui intervient d'autre part dans les choix des échelles des dessins et de l'itinéraire de la coupe.

5.3. Conclusion

Les documents édités par chacun de ces programmes doivent certainement être examinés d'un œil critique. Si leur mise au point a pu nous paraître assez longue, nous devons admettre en revanche que leur exploitation nous a livré, dans des délais relativement brefs, des résultats, qui, s'ils ne constituent pas des nouveautés, contribuent de manière notable à compléter nos connaissances sur le remblaiement alluvial de la vallée de l'Isère, but de cette étude.

Chapitre 5

CONTRIBUTION A L ETUDE DU REMBLAIEMENT ALLUVIAL DE LA VALLEE DE L ISERE

1. Introduction

La ville de Grenoble, comme de nombreuses métropoles régionales, a vu, depuis ces dernières décennies, se développer son urbanisation de manière notable. Dès 1972, l'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise (A.U.R.G.) a conçu les grandes lignes de cet aménagement sous la forme d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (S.D.A.U.). Il est alors apparu indispensable d'approfondir les connaissances que l'on pouvait avoir sur les sols et sous-sols concernés par les réalisations mises en projet. Aussi le Laboratoire de Géologie Appliquée de l'Université de Grenoble a-t-il décidé d'inclure parmi ses travaux une étude systématique par région des sols et sous-sols concernés par le Schéma Directeur.

Ces études ont pu être menées à terme dans le Bas-Grésivaudan (B. Couturier, 1974) et la Cluse de l'Isère (M. Margalhan-Ferrat, 1975), et sont actuellement en cours dans le Haut-Grésivaudan (J.P. Bozonnet, thèse à paraître), la banlieue sud de Grenoble (P. Talloni, thèse à paraître) et le Voironnais (G. Balestra, thèse à paraître). Les travaux déjà édités avaient pu réunir près de 800 sondages dispersés dans de nombreux organismes régionaux, dont avaient été issus les renseignements d'ordre géologique, hydrogéologique et géotechnique intéressant l'étude de chaque zone. De même, une partie des travaux en cours ont pu réunir les résultats d'environ 1200 sondages. La synthèse de ces diverses études impliquait nécessairement l'emploi de l'informatique pour traiter cette somme importante d'informations.

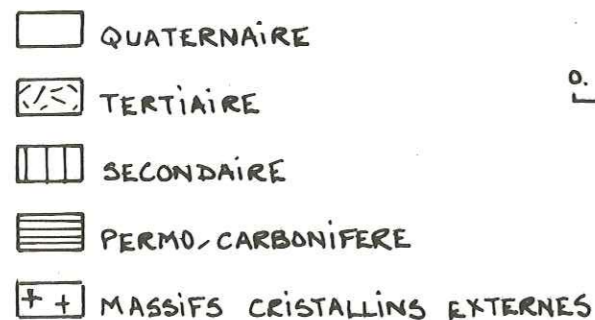
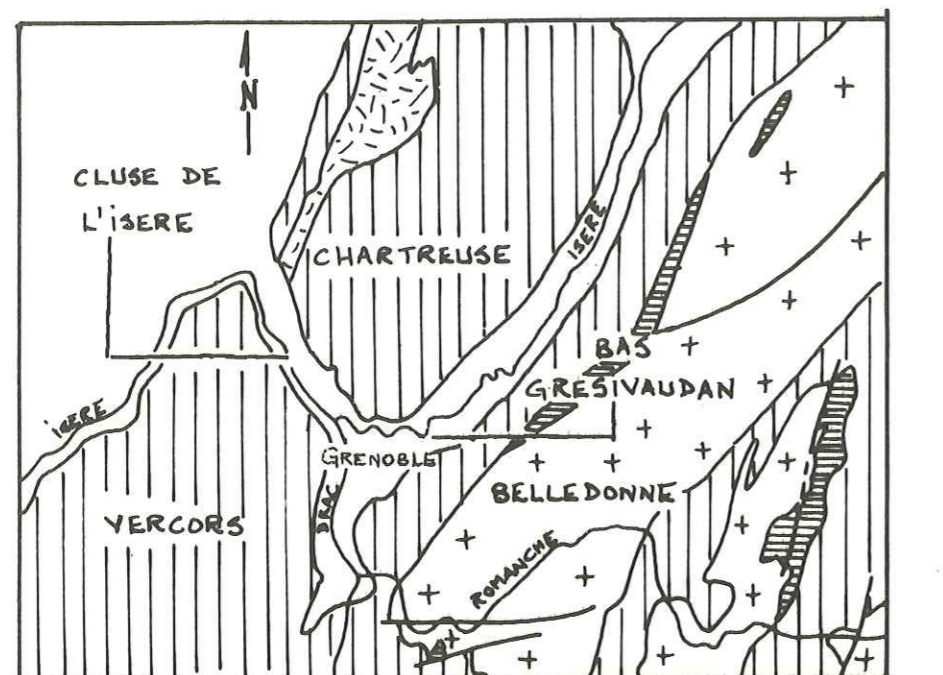
C'est donc dans cet esprit de synthèse que nous avons choisi d'appliquer le système informatique que nous avons mis au point aux études achevées. Certaines études en cours bénéficient du fichier et des programmes de traitement réalisés.

2. Cadre géographique et limites de l'étude (Figure 33)

Les deux régions, dont l'étude est achevée, sont le Bas-Grésivaudan et la Cluse de l'Isère. La zone correspondant au Centre Ville, qui les sépare n'avait fait l'objet d'aucune étude de ce type.

La confluence Isère-Drac et les vallées de ces deux cours d'eau dessinent dans la région de Grenoble un "Y" orienté NS. Nous avons choisi de nous intéresser aux deux branches supérieures de cet "Y", en essayant de combler le manque d'informations recueillies concernant la zone du Centre Ville.

FIGURE 33 , CADRE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE RÉGIONAL.



2.1. Le Bas-Grésivaudan

2.1.1. Cadre géographique

Ce terme régional désigne la partie de la vallée de l'Isère et de ses versants, en amont immédiat de Grenoble (NE). Cette vallée est ici pratiquement rectiligne, de direction NE - SW, et s'étend entre le Massif de la Chartreuse (NW) et les collines bordières de la Chaîne de Belledonne (SE).

Le Bas-Grésivaudan présente les caractéristiques mêmes d'une vallée alpine remblayée successivement par des dépôts de types glaciaire, lacustre et fluvial. L'Isère a depuis fixé ses cheminements sur une surface pratiquement plane, de faible pente (0,12 %) vers le SW et de 1,5 à 3,5 Km de large.

2.1.2. Limites de l'étude vers le NE

Dans le Bas-Grésivaudan, notre étude concernera la plaine alluviale s.st., limitée vers le nord par les coordonnées Lambert suivantes :

- . NE X = 882.000 Km
- Y = 336.000 Km (feuille IGN Domène 1/50 000)
- . NW X = 879.000 Km
- Y = 336.000 Km

2.2. Le Centre Ville

2.2.1. Cadre géographique

A la traversée de Grenoble, l'Isère contourne l'éperon rocheux de la Bastille (extrémité sud du Massif de la Chartreuse). Son lit longe alors son versant de rive droite, repoussé en ces lieux par les apports du Drac, affluent de l'Isère.

Le Drac rejoint l'Isère à la sortie NW de l'agglomération grenobloise. L'histoire de la cuvette de Grenoble (B. Lacroix, 1972) nous montre que le Drac est responsable du remblaiement alluvial de cette cuvette, conférant à la plaine une légère pente vers le nord, avec quelques dépressions dans la topographie (L'Abbaye, Les Maisons Neuves). Le cône de déjection ainsi formé sur lequel fluctuait le Drac était une gêne considérable pour la population locale. Aujourd'hui la majeure partie de son lit, au passage de l'agglomération, est endigué, jusqu'à sa confluence imposée avec l'Isère, au NW de la ville, à l'entrée de la Cluse.

2.2.2. Limites de l'étude vers le sud

Comme précédemment, nous limiterons notre étude au remblaiement alluvial de la cuvette de Grenoble, et vers le sud aux limites des cartes Grenoble et Domène 1/50 000, soit aux coordonnées Lambert suivantes :

- . SW X = 863.000 Km
Y = 325.000 Km (feuille Grenoble et Domène 1/50 000)
- . SE X = 871.000 Km
Y = 325.000 Km

2.3. La Cluse de l'Isère

2.3.1. Cadre géographique

A la sortie de l'agglomération grenobloise, l'Isère grossie par le Drac, change de direction principale (NNW - SSE). Sa vallée entaille alors les reliefs des chaînes subalpines, dominée par le Vercors (SW) et la Chartreuse (NNE).

Les caractéristiques morphologiques de la Cluse de l'Isère sont identiques à celles du Bas-Grésivaudan, résultat tous deux des mêmes phénomènes glaciaires intervenus dans des contextes géologiques identiques : des versants fortement pentés encadrent un fond de vallée plat, de largeur variant entre 1,5 et 3 Km, et de faible pente vers le nord (0,2 %), en passant par une zone de pente intermédiaire formée par les éboulis et cônes de déjection.

2.3.2. Limites de l'étude vers le NW

Ici de même nous limiterons notre étude au remblaiement alluvial s.st., et vers le nord au débouché de l'Isère sur Moirans, soit aux coordonnées Lambert suivantes :

- . NW X = 856.000 Km
Y = 339.000 Km (feuille IGN Grenoble 1/50 000)
- . NE X = 856.000 Km
Y = 340.000 Km

3. Etat des connaissances au moment de notre intervention

Les études précédemment citées ont mis en évidence certains traits généraux d'ordre géologique, hydrogéologique et géotechnique concernant le remblaiement alluvial. Nous citerons ici les quelques aspects relatifs aux ensembles lithologiques formant les alluvions de fond de vallée décrits antérieurement par B. Couturier (1974) et H. Margalhan-Ferrat (1975)

3.1. Les ensembles lithologiques

La succession verticale de ces ensembles au sein du remblaiement alluvial peut se résumer comme suit, de haut en bas :

- . les apports récents de l'Isère se manifestent par des dépôts de surface limoneux et argileux sur la totalité de la vallée du Bas-Grésivaudan et de la cuvette grenobloise. En aval de Grenoble, l'influence des apports grossiers du Drac engendre des dépôts de surface de même matrice mais plus riches en éléments grossiers.

- . le second ensemble est une formation grossière composée de galets, graviers et sables, intercalés parfois de lentilles d'argile et de tourbe. Cette formation a été décrite sur la totalité de la zone étudiée.

- . plus en profondeur, on retrouve dans le Bas-Grésivaudan une formation essentiellement sableuse (les "sablons") surmontant des argiles glacio-lacustres varvées de type Eybens. Dans la Cluse de l'Isère les galets, graviers et sables surmontent directement ces argiles, par l'intermédiaire d'un horizon sableux peu épais.

3.2. Géométrie des ensembles lithologiques

Leur succession verticale suggérée au paragraphe précédent peut être complétée par quelques observations concernant leurs épaisseurs et étendues respectives.

a. Les limons et argiles de surface

Ils recouvrent la presque totalité de la plaine alluviale, avec des épaisseurs variant de 0.-30 m. On note une certaine dissymétrie des dépôts par rapport à l'axe de la vallée dans le Bas-Grésivaudan : les épaisseurs des limons et argiles superficiels augmentent d'amont en aval, et surtout de rive gauche en rive droite. Cette particularité est due à une alimentation privilégiée de ce remblaiement en particules fines provenant des "nappes d'épandages" couvrant les versants de rive droite (B. Couturier, 1974). Cet épaissement se poursuit vers le Centre Ville. En aval de Grenoble, les limons et argiles superficiels peuvent être graveleux et montrent une répartition discontinue avec quelques épaissements locaux.

b. Les galets, graviers et sables

Ils forment un horizon discontinu, parfois lenticulaire, de 10 m environ d'épaisseur moyenne, pouvant atteindre 20 m par endroit, apparaissant parfois à l'affleurement. Les travaux antérieurs ont montré l'existence de niveaux tourbeux, vestiges d'anciens marais, au sein de cette formation.

L'ensemble "graviers-galets-sables" se retrouve dans les deux régions du Bas-Grésivaudan et de la Cluse de l'Isère.

c. Les sablons

Ce sont des sables souvent argileux que l'on retrouve sous la formation des galets, graviers et sables. Ils forment un niveau continu de 15m en viron de puissance dans le Bas-Grésivaudan, de quelques mètres seulement dans la Cluse de l'Isère.

d. Les argiles

Ce sont des argiles glacio-lacustres de type varvé, vestige du comblement de l'ancien lac glaciaire occupant la vallée. D'après les auteurs, ces argiles garnissent le fond de l'auge glaciaire sur plus de 100 mètres d'épaisseur, de manière plus ou moins régulière, puisqu'elles ont dû subir le passage des glaciers et de leurs eaux de fonte.

3.3. La documentation

Les observations géologiques de ces études étaient basées sur quelques documents réalisés le plus souvent dans une optique trop particulière pour qu'il soit possible de les exploiter hors de leur contexte. C'est le cas, par exemple, des cartes dont l'échelle (1/50 000) devait accompagner celle du Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (S.D.A.U.). Pour ne pas perdre le bénéfice de ces études, mais au contraire pour en faciliter l'exploitation, nous avons choisi de revenir sur trois types d'éditions qui en illustraient la partie géologique : les coupes de sondages, les coupes sériées et les cartes.

3.3.1. Les coupes de sondages

Celles-ci sont représentées de manière schématique par un code, alphabétique et numérique, décrivant la nature lithologique des terrains, et associé à la fourchette des profondeurs correspondantes. Cette présentation ne manque généralement pas de clarté, mais l'exploitation de ce type de document souffre de certaines imperfections dues à un manque d'information dès la collecte (sondage non rattaché au nivellement N.G.F.) ou simplement à la méthode d'investigation utilisée (cas des sondages électriques). En général tous les renseignements concernant un sondage n'y sont pas consignés, et l'utilisateur doit regrouper les informations dispersées par le classement propre au mémoire qui les présente.

Le programme d'édition principale de notre fichier (EDITN) peut remédier à ces imperfections en présentant un catalogue complet des informations concernant un sondage, et dont le critère de classement est "l'individu sondage".

3.3.2. Les coupes sériées

Leur objectif est d'illustrer la configuration des ensembles lithologiques constituant le sous-sol. Dans le cas des travaux qui nous intéressent, ces coupes sont simplement présentées comme illustrations, à une échelle trop réduite pour être efficacement utilisées. Ceci est particulièrement sensible dans le contexte géologique dans lequel nous devons travailler : un milieu alluvial où les niveaux sont le plus souvent lenticulaires. Les corrélations menées entre deux points d'investigation doivent alors être exécutées avec la plus grande prudence.

L'étude géotechnique d'un site en milieu alluvial exige que l'on tienne compte essentiellement de la coupe géologique levée au droit des sondages. C'est dans cette optique que l'on a conçu le programme CØUPE dont l'itinéraire des coupes passe obligatoirement par des sondages ayant délivré des renseignements d'ordre géologique.

3.3.3. Les cartes

Les études antérieures signalées ci-dessus ne bénéficiaient pas des avantages d'un traitement (classement) automatique des données. De ce fait, l'interprétation des coupes de sondages avait un rôle prépondérant dans la confection des cartes. Et dans ce domaine tous les types de cartes intéressant une étude géotechnique n'étaient pas réalisables. Ainsi les documents géologiques édités font état de deux seuls types de cartes :

- . les cartes d'isopaques ;
- . les cartes d'isohypses.

a. Les cartes d'isopaques

Celles-ci ont deux représentations différentes selon les auteurs : isopaques en classes d'épaisseurs (2, 4, 6 et plus de 6 m) pour B. Couturier (1974), en courbes isovales (équidistance entre les courbes 2 m) pour H. Margalhan-Ferrat (1975). Dans les deux cas, nous devons admettre que les documents manquent de précision : discontinuités des courbes dans le cas des courbes isovales, manque d'information pour la classe "plus de 6 m" dans le cas des classes d'épaisseurs.

Nous avons préféré pour notre part affiner les cartes d'isopaques des sols fins de surface déjà réalisées, par une édition au 1/25 000 en courbes isovales (programme ISØPA, § 4.1.)

b. Les cartes d'isohypses

Seul H. Margalhan-Ferrat (1975) a présenté ce type de carte pour visualiser le toit des argiles glacio-lacustres de fond de vallée. Sa réalisation exige de connaître l'altitude (en m N.G.F.) de chaque sondage, et si

possible la précision de cette mesure, ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas.

Aussi avons-nous estimé plus prudent de ne pas reproduire de tels documents, malgré l'option offerte par le programme ISØPA d'éditer cotes N.G.F. ou cotes T.N., au choix de l'utilisateur (chapitre 4, § 4.1.2.b.).

3.4. Conclusion

A partir des résultats dont sont issus les documents examinés et des critiques que nous avons pu formuler à leur sujet, nous avons été amenés à réaliser, sur des bases de travail strictes (répartition des sondages imposée), et par le biais d'un traitement automatique, un certain nombre de cartes, qui permettront de compléter nos connaissances sur la nature du remblaiement alluvial du Bas-Grésivaudan et de la Cluse de l'Isère. Ces cartes, nous le verrons au paragraphe suivant (§ 4.), ont pu être confectionnées à partir des éditions réalisées par les programmes ISØPA et GEØL.

4. L'apport du traitement automatique

4.1. Les éditions du programme ISØPA

4.1.1. Les limites du programme ISØPA

a. Rappel du fonctionnement du programme ISØPA

Sachant que les premiers mètres du remblaiement alluvial étaient constitués par des sols de granulométrie fine, nous avons groupé les sols en deux ensembles (chapitre 4, § 4.1.2.b.) :

- . les sols fins avec :
 - . terre végétale
 - . argile ou limon organique
 - . argile
 - . argile sableuse et/ou graveleuse
 - . limon
 - . tourbe
 - . sable argileux
 - . sable limoneux
 - . remblais
- . les sols grossiers avec :
 - . graviers propres
 - . graviers sableux
 - . graviers argileux
 - . graviers limoneux
 - . sables propres

Le programme ISØPA analyse chaque coupe de sondage pour aboutir à l'édition sur traceur de l'épaisseur des sols fins surmontant le premier

niveau grossier rencontré en sondage. Cette épaisseur (ou cote N.G.F., suivant l'option choisie) figure à l'emplacement du sondage repéré par ses coordonnées Lambert.

b. Le problème des limites entre alluvions et terrains de couverture des versants

Comme nous avons pu le constater ci-dessus (chapitre 4, § 5.1.1.), les données intéressant les sols du remblaiement alluvial n'ont pas été différenciées de celles intéressant les sols des formations de couverture des versants. Nous n'avons tenu compte, dans l'interprétation des résultats du programme ISØPA, que des seuls sondages effectués

dans la plaine alluviale. Leur distinction s'est faite à partir des contours levés par B. Couturier (1974) et H. Margalhan-Ferrat (1975).

c. Les zones inexplorées

Ces études de synthèse ont pu enfin mettre en évidence certaines zones inexplorées, que les cartes finales ont dû laisser en blanc (§ 4.1.2.).

d. Les particularités du programme ISØPA

Comme nous l'avons déjà signalé (chapitre 4, § 4.1.2.b.), le programme ISØPA ignore l'existence des niveaux fins sous le premier niveau grossier cartographié. C'est là une particularité que l'utilisateur doit connaître, mais pour laquelle les programmes GEØL et CØUPE peuvent opérer en compléments efficaces. Notons enfin que, pour tenir compte des contingences techniques du traceur, nous avons dû travailler à une échelle de 1/10 000 : la répartition des sondages à une échelle plus réduite était incompatible avec la taille minimale (0,1 pouce) des caractères commandés par l'utilisation de ce traceur. Certaines zones étaient rendues illisibles par le chevauchement des caractères.

4.1.2. La carte d'isopaques des sols fins de surface

Pour réaliser cette carte, nous avons voulu ne nous inspirer d'aucun document préexistant, préférant ainsi comparer les éditions des auteurs précédents avec les nôtres. Il est utile toutefois de préciser à nouveau l'objectif que nous voudrions atteindre par cette nouvelle édition: présenter au moyen d'une carte la profondeur minimale du premier niveau d'alluvions grossières pouvant être considéré à priori comme assise de fondations. Dans cette optique, nous pouvons déjà deviner que les observations que nous serons amenés à faire seront quelque peu différentes de celles des auteurs précédents, qui ne travaillaient pas tout à fait dans la même optique. Nous procéderons donc à quelques commentaires au sujet de cette carte en la comparant aux cartes d'isopaques des dits auteurs. La région du Centre Ville sera incluse, dans sa partie E, au Bas-Grésivaudan, dans sa partie W, à la Cluse de l'Isère.

a. Le Bas-Grésivaudan

Malgré l'existence de zones inexplorées régulièrement réparties, nous avons pu retracer les variations d'épaisseur des argiles et limons de surface. Sur la plus grande partie de la plaine, ces épaisseurs varient de 0,5 à 4 m pour atteindre 6 à 8 m en certains points (St Nazaire Les Eymes, Le Versoud). De manière générale, les dépressions au toit de l'ensemble "graviers-galets-sables", qui correspondent, lorsque cet horizon est continu, au surépaississement des limons et argiles sus-jacents, jalonnent le pied des versants. Comme dans les études précédentes, nous pouvons noter un net surépaississement de ces sols fins en rive droite de la vallée, dont on peut aujourd'hui donner un ordre de grandeur (20 à 30 m à La Carronnerie). Certaines dépressions se retrouvent par place dans l'axe de la vallée (10 et 30 m à La Taillat, 20 m à La Croix Rouge).

Remarque : Cette nouvelle édition des isopaques des sols fins superficiels diffère de la précédente (B. Couturier, 1974) en un point particulier situé entre Les Deymes et l'aérodrome de Grenoble-Le Versoud. Nous notons en ce point une dépression importante (40 m) que nous pouvons expliquer de la manière suivante : cette dépression se trouve au droit d'un groupe de sondages électriques dont la coupe type peut être celle du sondage E61 in B. Couturier (1974) :

E61 0.0 - 4.0 Limons sableux (LS)
 4.0 - 36.0 Argiles sableuses (AS)
 36.0 - 40.0 Argiles (A)

Ainsi le programme ISOPA n'ayant pas rencontré de niveau grossier n'a fait que reporter la profondeur atteinte par le sondage. Le chiffre obtenu est donc une valeur minimale de l'épaisseur des sols fins en ce point. Force est donc de constater que :

- . le programme ISOPA doit encore être affiné pour prendre en compte les particularités de la géologie locale (ici du niveau grossier lenticulaire ;
- . il serait plus prudent à l'avenir d'inclure le critère "type de sondage" dans l'interprétation de leurs coupes. Il est fort probable en effet que ces "argiles sableuses" du sondage E61 correspondent à l'ensemble lithologique des Sablons (sables fins plus ou moins argileux), qui, si l'on reste dans l'esprit de conception de cette carte d'isopaques, pourraient constituer un horizon convenable pour certains types de fondations.

b. La Cluse de l'Isère

D'après l'interprétation assez complète que nous avons pu réaliser, nous devons admettre que cette région semble avoir été mieux reconnue, à l'exception toutefois des zones de St Jean et du Centre Ville (partie W). D'une manière générale, les épaisseurs maximales des sols fins

superficiels ne dépassent pas 10 à 12 m (Beauplan, Les Iles près St Egrève, Fontaine). Comme dans le Bas-Grésivaudan, les dépressions les plus importantes au toit des graviers ont une position latérale par rapport à l'axe de la vallée (Clapières, Fontaine, Pique-Pierre). On peut noter cependant un surépaississement légèrement désaxé en rive droite avec des profondeurs de 4 à 10 m (10 m à Beauplan et Les Iles près St Egrève, 4 m à la Ferme de l'Hopital près St Egrève, et au pied du Néron). Contrairement au Bas-Grésivaudan, on ne remarque pas ici de dissymétrie notable dans la distribution des épaisseurs des sols fins superficiels.

4.1.3. Avertissement

Le document que nous avons pu éditer vise un but trop particulier pour pouvoir être considéré comme un document géologique au sens strict, nous avons vu qu'en un certain nombre de points les sondages n'avaient rencontré aucun niveau grossier. Ce n'est donc pas une cartographie en cotes T.N. du toit des graviers qui est reproduite ici, dans la limite des reconnaissances effectuées, mais bien une carte d'isopaques des sols fins affleurant dès la surface. A ce propos, nous souhaitons que ce document puisse être utilisé à des fins pratiques en sachant toutefois que son échelle ne peut convenir à tout type d'étude. Le programme ISOPA reste toujours opérationnel si l'on veut revenir sur l'interprétation de certaines zones plus restreintes en vue d'études locales. Il présente pour cela l'avantage certain d'un traitement automatique : la rapidité d'édition des informations stockées.

4.2. Les éditions du programme GEØL

4.2.1. Les limites du programme GEØL

a. Les objectifs du programme GEØL

Ce programme permet trois types d'éditions, choisies sur option au cours de son déroulement :

- . l'édition de la nature du sous-sol sous la terre végétale ;
- . l'édition de la nature du sous-sol à une profondeur donnée par rapport au terrain naturel ;
- . l'édition de la nature du sous-sol à une cote N.G.F. donnée.

La nature du terrain est présentée sous la forme d'un symbole au droit du sondage qui l'a reconnue, repéré par ses coordonnées Lambert. Une légende succincte accompagne le tracé. Notons que la version actuelle du programme GEØL est plus particulièrement destinée au traitement des données relatives aux sols du remblaiement alluvial.

b. Les limites entre alluvions et terrains de couverture des versants

Le programme GEØL travaillant sur les mêmes données que le programme ISØPA, des difficultés identiques ont été rencontrées pour différencier les sondages intéressant les alluvions de ceux implantés sur les formations de couverture des versants. Comme précédemment, la solution adoptée a consisté en un report manuel des limites entre alluvions et couverture de versants, d'après les contours levés par B. Couturier (1974) et H. Margalhan-Ferrat (1975).

c. Les zones inexplorées

L'interprétation des éditions du programme GEØL a souffert du manque d'informations relatives à certaines zones. A l'échelle où nous travaillons (1/25 000), nous avons préféré laisser en blanc ces régions, dans l'attente d'investigations complémentaires.

d. Les particularités du programme GEØL

Lorsque la cote de la coupe (T.N. ou N.G.F.) n'intercepte pas la tranche de terrain reconnue par le sondage interrogé, aucun point n'apparaît au traceur. Ceci nous a permis de constater (cf. "Carte lithologique des alluvions à -10 m/T.N.") qu'un certain nombre de sondages ne descendaient pas à 10 m de profondeur. La carte s'entâche alors de zones d'incertitudes où la nature du sous-sol reste inconnue, sinon supposée.

4.2.2. Les cartes lithologiques des alluvions à profondeur donnée par rapport au terrain naturel

a. Choix de l'échelle

Compte tenu de la répartition des sondages et des contingences techniques du traceur (taille minimale des caractères), nous avons choisi d'éditer ces cartes au 1/25 000. Cette échelle nous semble convenable pour le type de synthèse que nous proposons. Nous devons toutefois signaler que nous avons dû regrouper les détails de certaines zones, que nous n'aurions pas pu figurer au 1/25 000. Pour plus de précision, nous rappelons que le programme GEØL peut toujours être utilisé à des échelles plus importantes, sur des zones plus réduites et riches en renseignements.

b. Choix des profondeurs

Pour ce premier travail de synthèse, nous avons choisi de nous intéresser aux dix premiers mètres du remblaiement alluvial, par tranches de profondeur de deux mètres. Nous avons pu ainsi cartographier la nature des alluvions sous la terre végétale (sorte d'écorché des alluvions), à 2 m, 4 m, 6 m, 8 m et 10 m de profondeur par rapport au terrain naturel. Comme précédemment, ce choix vise un but bien défini, qui est d'affiner nos

connaissances sur le sous-sol de la plaine alluviale pour la tranche de terrain intéressant l'aménagement et plus particulièrement l'urbanisation. Cette tranche de terrain est limitée en profondeur par la longueur moyenne des sondages répertoriés. Nous avons vu, à ce propos, que de nombreuses zones d'incertitudes apparaissent dès 10 m. Notons enfin que ce choix des profondeurs est tout à fait libre, puisque le programme GEØL est prévu pour fonctionner avec des profondeurs données au décimètre près.

c. Commentaires des cartes lithologiques des alluvions

Ces commentaires concernent les six cartes au 1/25 000 représentant la synthèse provisoire de nos travaux sur le remblaiement alluvial de la vallée de l'Isère. Ils s'adresseront plus particulièrement à la distribution des alluvions grossières et des alluvions fines sur l'étendue de la zone étudiée. Les conditions de reproduction de ces cartes étant limitées, celles-ci ont été déposées au Laboratoire de Géologie Appliquée de l'Institut de Recherches Interdisciplinaires de Géologie et Mécanique (I.R.I.G.M.), Domaine Universitaire, Saint Martin d'Hères.

* Carte lithologique des alluvions sous la terre végétale

Nous retrouvons ici les distributions suggérées par les études antérieures, en l'absence de cartes. Le Bas-Grésivaudan montre une nette prédominance des alluvions fines à l'exception de quelques pointements de graviers (Boucles de La Taillat, du Bois Français). Ces graviers garnissent la confluence Isère-Drac dès le Centre Ville, dans sa partie W, puis à partir de cette confluence, se cantonnent en rive gauche de l'Isère. A la Crue de Moirans, l'horizon graveleux apparaît en surface pour disparaître provisoirement vers 2 m de profondeur (et se retrouver ensuite jusqu'à 10 m). Pour le reste de la Cluse, la rive droite de l'Isère est occupée en surface par des alluvions fines, interrompues par place par quelques pointements de graviers (Le Chevalon, Fontanil-Cornillon, Rocheplaine).

* Carte lithologique des alluvions à -2 m/T.N.

Dans le Bas-Grésivaudan, les plages graveleuses deviennent plus importantes, mais se répartissent irrégulièrement au pied des versants (St Nazaire Les Eymes, Bois Claret, Bois Français, Eymard, Gières). Le reste de la vallée est occupé par des limons et argiles, jusqu'en partie E du Centre Ville.

Dans la Cluse de l'Isère, les graviers occupent les 2/3 environ de la surface du fond de vallée, à partir du Centre Ville dans sa partie W. La surface restante est occupée principalement par des argiles (Fontaine, Sassenage, Le Chevalon, Voreppe).

* Carte lithologique des alluvions à -4 m/T.N.

Le Bas-Grésivaudan est à son tour envahi par les formations graveleuses à l'E d'un ligne joignant Bois Français à Gières. A l'W de cette limite les formations limoneuses et argileuses dominent, interrompues par quelques zones graveleuses. Entre Les Deymes et l'aérodrome de Grenoble-Le versoud subsiste une zone d'argiles sableuses (cf. Remarque in § 4.1.2.a.) que l'on retrouvera jusqu'aux dernières coupes à -10 m/T.N.

Dans la Cluse de l'Isère, les formations graveleuses occupent la presque totalité du fond de vallée à l'exception de quelques zones argileuses plus ou moins étendues (Fontaine, Sassenage, sud Voreppe). Cette configuration, que l'on retrouvera sans changement notable sur les cartes suivantes, laisse maintenant apparaître le léger surcreusement axial du toit des formations graveleuses, décrit par les auteurs précédents. Ce surcreusement se traduit par une succession de zones argileuses ou limoneuses plus ou moins alignées dans l'axe de la vallée.

* Carte lithologique des alluvions à -6 m/T.N.

Dans le Bas-Grésivaudan, la limite décrite précédemment est décalée vers l'W (Croix Rouge, La Taillat), séparant toujours les formations graveleuses, à l'E, de l'ensemble des formations limono-argileuses, à l'W. Celles-ci se restreignent alors aux environs du Quartier de la Croix Rouge au Centre Ville. Le pointement d'argiles sableuses existe toujours entre Les Deymes et l'aérodrome de Grenoble-Le versoud.

Dans la Cluse de l'Isère, les graviers occupent la totalité de la surface cartographiée, à partir du Centre Ville dans sa partie W, à l'exception de quelques zones argileuses (Sassenage, sud Voreppe).

* Carte lithologique des alluvions à -8 m/T.N.

Les graviers s'étendent sur la totalité des deux régions du Bas-Grésivaudan et de la Cluse de l'Isère. Dans le Bas-Grésivaudan, les formations graveleuses isolent une zone limono-argileuse importante (La Carronnerie, Petite Taillat) dans laquelle on note l'existence de niveaux tourbeux étendus. Ces mêmes lentilles de tourbe se retrouvent au sein des graviers (Croix Rouge) comme cela a pu être décrit par les études antérieures.

Dans la Cluse de l'Isère subsiste la même configuration avec prédominance de l'ensemble galets-graviers-sables et quelques zones occupées par des alluvions fines (Sassenage, sud Voreppe).

* Carte lithologique des alluvions à -10 m/T.N.

Malgré le manque de renseignements sur la nature du sous-sol à cette profondeur (cf. § 4.2.2.b.), on peut décrire, dans le Bas-Grésivaudan, sensiblement la même distribution des alluvions fines et grossières

qu'à -8 m/T.N. La Cluse de l'Isère semble mieux reconnue à cette même profondeur, on y décrit une configuration identique dans l'ensemble, à l'exception de la zone argileuse de Sassenage qui occupe maintenant une position axiale dans la vallée.

4.2.3. Conclusion

Les cartes que nous avons réalisées n'auraient pu l'être par un moyen autre qu'un traitement automatique. Nous retrouvons ici l'un des avantages certain de la méthode : la rapidité d'accès aux informations stockées. Toutefois, au terme de ces premières réalisations, nous voudrions insister auprès des futurs utilisateurs sur certains points. Le premier, nous semble-t-il, est l'importance de la répartition des sondages dans l'interprétation synthétique des résultats. Par exemple : l'implantation des sondages en profils transversaux dans la Cluse de l'Isère (sud Voreppe) nous a fait dessiner des structures transverses à la vallée, alors que ces structures ont peut être une tout autre orientation (la même remarque peut être formulée à propos des résultats du programme ISØPA). Cette incertitude peut être levée à l'exécution de coupes longitudinales (programme CØUPE).

Dans un tout autre domaine, nous remarquerons le faible nombre de sondages atteignant plus de 10 m de profondeur, ce qui ne fait qu'augmenter l'incertitude de nos connaissances sur la nature des alluvions en profondeur.

Dans tous les cas, il ne faut perdre de vue que les informations délivrées par ces cartes doivent obligatoirement être mises en rapport avec l'échelle de ces cartes, en nombre et qualité.

CONCLUSION

Dès la conception de ce fichier, nous avons tenté de couvrir l'information géotechnique, telle que nous avons pu l'analyser au chapitre 1, de la manière la plus complète possible.

La collecte des informations délivrées par les 2000 sondages environ répertoriés ne s'est pas limitée à leur caractéristiques administratives et leur coupe géologique, mais s'est prolongée jusqu'au stockage des caractéristiques d'identification et des caractéristiques mécaniques de près de 300 échantillons. De la même manière, 200 sondages pressiométriques environ et 260 essais de pénétration ont été relevés. Le volume de ces informations peut ne pas être en rapport avec le nombre d'études géotechniques effectuées dans la région, nous espérons simplement que ce nombre pourra être l'amorce d'un développement futur du fichier au bénéfice de chacun.

L'exploitation que nous avons pu en faire concerne essentiellement les données géologiques. Elle nous a permis de préciser nos connaissances sur le remblaiement alluvial de la vallée de l'Isère, et d'affiner la stratigraphie des alluvions au moyen de différentes cartes (chapitre 5). Ces cartes ont été réalisées dans l'optique particulière d'une utilisation ultérieure pour la confection de la carte géotechnique de la région de Grenoble.

Le fichier, tel que nous l'avons réalisé, mérite certainement quelques améliorations, notamment de ses types d'accès aux informations (chapitre 3). Nous n'avons pas utilisé toutes les possibilités offertes par l'ordinateur IBM 1130, en particulier ses techniques d'adressage directe qui peuvent raccourcir de manière notable les temps d'accès aux différents fichiers élémentaires. Nous conseillons également de multiplier les tests de vraisemblance des données lors de leur entrée en machine, pour garantir leur traitement de toute erreur non contrôlable.

Dans sa version actuelle le fichier peut certainement être prolongé par le stockage des données économiques (A. de Ragueneil, 1973) et autres données générales intéressant l'étude géotechnique (G. Biguenet et al., 1970). Ce peut être :

* les données générales du génie civil :

- . études de tassement (dimension de l'ouvrage, dimension des fondations, profondeur d'assise des fondations, pression exercée sur le sol, etc.)
- . études de désordres ;

* les données géophysiques avec :

- . les résultats des mesures géophysiques brutes non teintées d'interprétation. D'autres prolongements restent toujours possibles, le fichier, dans sa structure actuelle, peut être facilement modifié.

A l'heure actuelle, son exploitation est certainement incomplète : d'autres traitements sont envisageables, notamment la suite des travaux de J.L. Favre (1972) qui a pu s'intéresser aux méthodes des probabilités-statistiques appliquées aux problèmes de mécanique des sols. De la même manière, il est fort probable que l'on puisse, dans un avenir proche, tenter certaines prévisions des propriétés mécaniques des sols à partir d'un stockage de leurs caractéristiques mécaniques, issues d'un échantillonnage quelconque (méthode du "krigeage universel" de G. Matheron, 1968).

Dans l'immédiat, nous souhaitons que ce fichier soit utilisé tout au moins à des fins pratiques : un tel volume d'informations, certainement très utiles, doit être disponible à tous. Une seule recommandation doit être formulée : l'analyse des résultats obtenus par traitement automatique doit être effectuée par un spécialiste.

ANNEXE

Dans cette annexe sont présentés les listings de quelques programmes de traitement :

- . le programme de mise à jour des fichiers élémentaires (CØNST) ;
- . deux programmes principaux de dessin (ISØPA et GEØL).

Le mode d'utilisation de l'ensemble des programmes de traitement mis au point fait l'objet d'un fascicule déposé au laboratoire.

PAGE 1 CONST

// JOB

CONST

LOG DRIVE CART SPFC CART AVAIL PHY DRIVE
0000 00F1 00F1 0000

V2 M13 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// DUP

*STOREDATA WS UA SITUA 0050
CART ID 00F1 DB ADDR 1CCO DB CNT 0320*STOREDATA WS UA LITHO 0040
CART ID 00F1 DB ADDR 1FEO DB CNT 0280

// FOR

*IOCS (CARD,1132 PRINTER,DISK)

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

DIMENSION NOM(18),N(9),IP(10),L(10),M(12),IPP(10),INP(10)
DEFINE FILE 1(0399,33,U,I1)
DEFINE FILE 2(0399,28,U,I2)
DEFINE FILE 3(71,29,U,I3)
DEFINE FILE 4(22,36,U,I4)
DEFINE FILE 5(10,24,U,I5)
DEFINE FILE 6(10,25,U,I6)
DEFINE FILE 7(10,13,U,I7)

NOMBRE D ENREGISTREMENTS POUR CHAQUE FICHIER

READ (2,1000) NSON1,NSON2,NSON3,NSON4,NSON5,NSON6,NSON7
WRITE(3,2000) NSON1,NSON2,NSON3,NSON4,NSON5,NSON6,NSON7

ENREGISTREMENTS ETAT CIVIL

1 IF (NSON1) 1,1,2
2 I1 = 1
NCART = 0
DO 3 I = 1,NSON1
READ (2,1001) ICOD1,NOS1,IX1,IX2,IY1,IY2,ICR,IZ1,IZ2,(NOM(II),II=
*1,18),IDAT1,IGIN,IREF1,IREF2,IFCH1,IFCH2
NCART=NCART+1
3 WRITE(1,I1) ICOD1,NOS1,IX1,IX2,IY1,IY2,ICR,IZ1,IZ2,(NOM(II),II=
*1,18),IDAT1,IGIN,IREF1,IREF2,IFCH1,IFCH2
WRITE(3,3333)NCART

ENREGISTREMENTS LITHOLOGIE

1 IF(NSON2) 4,4,5
2 I2 = 1
NCART = 0
DO 6 I = 1,NSON2
READ (2,1002) ICOD2,NOS2,ICP2,(IP(II),II=1,10),(L(II),II=1,10),
*ICN,NAP,IDAT2,ITYP,IBED
NCART=NCART+1
6 WRITE (2,I2) ICOD2,NOS2,ICP2,(IP(II),II=1,10),(L(II),II=1,10),
*ICN,NAP,IDAT2,ITYP,IBED
WRITE(3,3333)NCART

ENREGISTREMENTS IDENTIFICATION

4 IF (NSON3) 7,7,8
5 I3 = 1
NCART = 0
DO 9 I = 1,NSON3
READ (2,1003) ICOD3,NOS3,IPLAS,IPR3,ICP3,L3,IGAM,IG,IW,(M(II),II=1,12),
*INT,MINT,IWL,IWP,IPLAS,IMIN1,IMIN2,ICO3,IES
NCART=NCART+1
WRITE(3,1003) ICOD3,NOS3,IPLAS,IPR3,ICP3,L3,IGAM,IG,IW,(M(II),II=1,12),
*INT,MINT,IWL,IWP,IPLAS,IMIN1,IMIN2,ICO3,IES
9 WRITE (3,I3) ICOD3,NOS3,IPLAS,IPR3,ICP3,L3,IGAM,IG,IW,(M(II),II=1,12),
*INT,MINT,IWL,IWP,IPLAS,IMIN1,IMIN2,ICO3,IES
WRITE(3,3333)NCART

ENREGISTREMENTS PROPRIETES MECANIKES

7 IF (NSON4) 10,10,11
11 I4 = 1
NCART = 0
DO 12 I = 1,NSON4
READ (2,1004) ICOD4,NOS4,IPLAS,IPR4,ICP4,L4,MODP,NCIS,IPHI,IPHIP,IC,
*ICPR,IE1,ISIG1,IE2,ISIG2,IE3,ISIG3,NTAS,(N(II),II=1,9),ISIGM

PAGE 2 CONST

NCART=NCART+1
READ (2,1005) KTAS,IT100,IT50,IGOPT,IWOPT,NPRO,KLAB,NPERM
WRITE(3,1008) ICOD4,NOS4,IPLAS,IPR4,ICP4,L4,MODP,NCIS,IPHI,IPHIP,IC,
*ICPR,IE1,ISIG1,IE2,ISIG2,IE3,ISIG3,NTAS,(N(II),II=1,9),ISIGM,KTAS,
*IT100,IT50,IGOPT,IWOPT,NPRO,KLAB,NPERM
WRITE (4,I4) ICOD4,NOS4,IPLAS,IPR4,ICP4,L4,MODP,NCIS,IPHI,IPHIP,IC,
*ICPR,IE1,ISIG1,IE2,ISIG2,IE3,ISIG3,NTAS,(N(II),II=1,9),ISIGM,KTAS,
*IT100,IT50,IGOPT,IWOPT,NPRO,KLAB,NPERM
12 CONTINUE
WRITE(3,3333)NCART

ENREGISTREMENTS PRESSIOMETRE

10 IF (NSON5) 13,13,14
14 I5 = 1
NCART = 0
DO 16 I = 1,NSON5
READ (2,1006) ICOD5,NOS5,ISUI5,IPRS1,ICP5,IE51,IPF1,IPL1,IPRS2,
*IE52,IPF2,IPL2,IPRS3,IE53,IPF3,IPL3,IPRS4,IE54,IPF4,IPL4,IPRS5,
*IE55,IPF5,IPL5
NCART=NCART+1
WRITE(3,1006) ICOD5,NOS5,ISUI5,IPRS1,ICP5,IE51,IPF1,IPL1,IPRS2,
*IE52,IPF2,IPL2,IPRS3,IE53,IPF3,IPL3,IPRS4,IE54,IPF4,IPL4,IPRS5,
*IE55,IPF5,IPL5
16 WRITE (5,I5) ICOD5,NOS5,ISUI5,IPRS1,ICP5,IE51,IPF1,IPL1,IPRS2,
*IE52,IPF2,IPL2,IPRS3,IE53,IPF3,IPL3,IPRS4,IE54,IPF4,IPL4,IPRS5,
*IE55,IPF5,IPL5
WRITE(3,3333)NCART

ENREGISTREMENTS PENETRATION

13 IF (NSON6) 19,19,17
17 I6 = 1
NCART = 0
DO 18 I = 1,NSON6
READ (2,1007) ICOD6,NOS6,ISUI6,NPEN,ICP6,(IPP(II),INP(II),II=1,10)
NCART=NCART+1
WRITE(3,1007) ICOD6,NOS6,ISUI6,NPEN,ICP6,(IPP(II),INP(II),II=1,10)
18 WRITE (6,I6) ICOD6,NOS6,ISUI6,NPEN,ICP6,(IPP(II),INP(II),II=1,10)
WRITE(3,3333)NCART

ENREGISTREMENTS NAPPE

19 IF (NSON7) 99,99,20
20 I7 = 1
NCART = 0
DO 21 I = 1,NSON7
READ (2,1009) IX1,IX2,IY1,IY2,ICR,IZ1,IZ2,ICN,IZN1,IZN2,IDAT1,
*IDAT2,IDAT3,JX1,JX2,JY1,JY2,JCR,JZ1,JZ2,JCN,JZN1,JZN2,JDAT1,JDAT2,
*JDAT3
NCART = NCART+1
WRITE (7,I7) IX1,IX2,IY1,IY2,ICR,IZ1,IZ2,ICN,IZN1,IZN2,IDAT1,
*IDAT2,IDAT3
21 WRITE (7,I7) JX1,JX2,JY1,JY2,JCR,JZ1,JZ2,JCN,JZN1,JZN2,JDAT1,
*JDAT2,JDAT3
99 WRITE (3,3333) NCART
99 CALL EXIT3333 FORMAT (T5,'NOMBRE DE CARTES LUES',I5)
1000 FORMAT (7(1X,I4))
1001 FORMAT (I2,I4,3I3,2(I3,I2),18A2,I4,I2,2I3,I4,I3)
1002 FORMAT (2(I2,I4),9I4,10A2,I1,2I4,I2,I1)
1003 FORMAT (I2,2I4,I1,A2,15I3,I2,2(2I3,2I2))
1004 FORMAT (I2,2I4,I1,A2,I2,I1,2I2,4(I3,I2),I1,9I4,I2)
1005 FORMAT (16X,2(I2,I3),2(I2,I1))
1006 FORMAT (I2,2(I4,I1),I4,2I3,4(2I4,2I3),2X)
1007 FORMAT (I2,I4,I1,I2,I1,10(I4,I3))
1008 FORMAT (I2,2I4,I1,A2,I2,I1,2I2,4(I3,I2),I1,9I4,I2,2(I2,I3),2(I2,I1
*))
1009 FORMAT (2(2X,4I3,I2,I3,I2,I1,I3,4I2),14X)
2000 FORMAT (7(1X,I4))
ENDFEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
IOCSCORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 260 PROGRAM 1494

END OF COMPILATION

PAGE 1 ISOPA

// JOB

ISOPA

LOG DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE
0000 00F1 00F1 0000

V2 Y13 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOP

*IOCS (CARD,TYPEWRITER,KEYBOARD,1132 PRINTER,PLOTTER,DISK)
*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS

CARTE ISOPAQUE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES
(TERRE VEGETALE-ARGILES-LIMONS-TOURBE)

2 OPTIONS = TRACE DES COTES NGF DU TOIT DU 1ER NIVEAU
DE GALETS-GRAVIERS-SABLES OU TRACE DE L EPAISSEUR DES
LIMONS-ARGILES-TOURBE-TERRE VEGETALE SUPERFICIELS

INTEGER TITR1(30)
DIMENSION LIT1(16),LIT2(17),LIT3(17),LIT4(17),LIT5(17),LIT6(16),LIT
*7(17),LIT8(17),IP(10),L(10)
COMMON XR1,YR2,YR1,YR2,JJ,XPAS,YPAS,TITR1
DATA LIT1/ 'AA', 'AB', 'AC', 'AD', 'AE', 'AG', 'AH', 'AJ', 'AL', 'AV', 'AN', 'AQ', 'A
*0, 'AS', 'AT', 'AV', 'AW', 'AX', 'AY', 'AZ', 'BA', 'BB', 'BC', 'BD', 'BE', 'BG', 'BH', 'BJ', 'BL', 'BV', 'BN', 'B
*0, 'BR', 'BS', 'BT', 'BU', 'BV', 'BW', 'BX', 'BY', 'BZ', 'CA', 'CB', 'CC', 'CD', 'CE', 'CG', 'CH', 'CJ', 'CL', 'CV', 'CN', 'C
*0, 'CR', 'CS', 'CT', 'CU', 'CV', 'CW', 'CX', 'CY', 'CZ', 'DA', 'DB', 'DC', 'DD', 'DE', 'DG', 'DH', 'DJ', 'DL', 'DV', 'DN', 'D
*0, 'DR', 'DS', 'DT', 'DU', 'DV', 'DW', 'DX', 'DY', 'DZ', 'EA', 'EB', 'EC', 'ED', 'EE', 'EG', 'EH', 'EJ', 'EL', 'EV', 'EN', 'E
*0, 'ER', 'ES', 'ET', 'EU', 'EV', 'EW', 'EX', 'EY', 'EZ', 'FA', 'FB', 'FC', 'FD', 'FE', 'FG', 'FH', 'FJ', 'FL', 'FV', 'FN', 'F
*0, 'FR', 'FS', 'FT', 'FU', 'FV', 'FW', 'FX', 'FY', 'FZ', 'GA', 'GB', 'GC', 'GD', 'GE', 'GG', 'GH', 'GJ', 'GL', 'GV', 'GN', 'G
*0, 'GR', 'GS', 'GT', 'GU', 'GV', 'GW', 'GX', 'GY', 'GZ', 'HA', 'HB', 'HC', 'HD', 'HE', 'HG', 'HH', 'HJ', 'HL', 'HV', 'HN', 'H
*0, 'HR', 'HS', 'HT', 'HU', 'HV', 'HW', 'HX', 'HY', 'HZ', 'IA', 'IB', 'IC', 'ID', 'IE', 'IG', 'IH', 'IJ', 'IL', 'IV', 'IN', 'I
*0, 'IR', 'IS', 'IT', 'IU', 'IV', 'IW', 'IX', 'IY', 'IZ', 'JA', 'JB', 'JC', 'JD', 'JE', 'JG', 'JH', 'JJ', 'JL', 'JV', 'JN', 'J
*0, 'JR', 'JS', 'JT', 'JU', 'JV', 'JW', 'JX', 'JY', 'JZ', 'KA', 'KB', 'KC', 'KD', 'KE', 'KG', 'KH', 'KJ', 'KL', 'KV', 'KN', 'K
*0, 'KR', 'KS', 'KT', 'KU', 'KV', 'KW', 'KX', 'KY', 'KZ', 'LA', 'LB', 'LC', 'LD', 'LE', 'LG', 'LH', 'LJ', 'LL', 'LV', 'LN', 'L
*0, 'LR', 'LS', 'LT', 'LU', 'LV', 'LW', 'LX', 'LY', 'LZ', 'MA', 'MB', 'MC', 'MD', 'ME', 'MG', 'MH', 'MJ', 'ML', 'MV', 'MN', 'M
*0, 'MR', 'MS', 'MT', 'MU', 'MV', 'MW', 'MX', 'MY', 'MZ', 'NA', 'NB', 'NC', 'ND', 'NE', 'NG', 'NH', 'NJ', 'NL', 'NV', 'NN', 'N
*0, 'NR', 'NS', 'NT', 'NU', 'NV', 'NW', 'NX', 'NY', 'NZ', 'OA', 'OB', 'OC', 'OD', 'OE', 'OG', 'OH', 'OJ', 'OL', 'OV', 'ON', 'O
*0, 'OR', 'OS', 'OT', 'OU', 'OV', 'OW', 'OX', 'OY', 'OZ', 'PA', 'PB', 'PC', 'PD', 'PE', 'PG', 'PH', 'PJ', 'PL', 'PV', 'PN', 'P
*0, 'PR', 'PS', 'PT', 'PU', 'PV', 'PW', 'PX', 'PY', 'PZ', 'QA', 'QB', 'QC', 'QD', 'QE', 'QG', 'QH', 'QJ', 'QL', 'QV', 'QN', 'Q
*0, 'QR', 'QS', 'QT', 'QU', 'QV', 'QW', 'QX', 'QY', 'QZ', 'RA', 'RB', 'RC', 'RD', 'RE', 'RG', 'RH', 'RJ', 'RL', 'RV', 'RN', 'R
*0, 'RR', 'RS', 'RT', 'RU', 'RV', 'RW', 'RX', 'RY', 'RZ', 'SA', 'SB', 'SC', 'SD', 'SE', 'SG', 'SH', 'SJ', 'SL', 'SV', 'SN', 'S
*0, 'SR', 'SS', 'ST', 'SU', 'SV', 'SW', 'SX', 'SY', 'SZ', 'TA', 'TB', 'TC', 'TD', 'TE', 'TG', 'TH', 'TJ', 'TL', 'TV', 'TN', 'T
*0, 'TR', 'TS', 'TT', 'TU', 'TV', 'TW', 'TX', 'TY', 'TZ', 'UA', 'UB', 'UC', 'UD', 'UE', 'UG', 'UH', 'UJ', 'UL', 'UV', 'UN', 'U
*0, 'UR', 'US', 'UT', 'UU', 'UV', 'UW', 'UX', 'UY', 'UZ', 'VA', 'VB', 'VC', 'VD', 'VE', 'VG', 'VH', 'VJ', 'VL', 'VV', 'VN', 'V
*0, 'VR', 'VS', 'VT', 'VU', 'VW', 'VX', 'VY', 'VZ', 'WA', 'WB', 'WC', 'WD', 'WE', 'WG', 'WH', 'WJ', 'WL', 'WV', 'WN', 'W
*0, 'WR', 'WS', 'WT', 'WU', 'WV', 'WZ', 'XA', 'XB', 'XC', 'XD', 'XE', 'XG', 'XH', 'XJ', 'XL', 'XV', 'XN', 'X
*0, 'XR', 'XS', 'XT', 'XU', 'XV', 'XW', 'XX', 'XY', 'XZ', 'YA', 'YB', 'YC', 'YD', 'YE', 'YG', 'YH', 'YJ', 'YL', 'YV', 'YN', 'Y
*0, 'YR', 'YS', 'YT', 'YU', 'YV', 'YW', 'YX', 'YY', 'YZ', 'ZA', 'ZB', 'ZC', 'ZD', 'ZE', 'ZG', 'ZH', 'ZJ', 'ZL', 'ZV', 'ZN', 'Z
*0, 'ZR', 'ZS', 'ZT', 'ZU', 'ZV', 'ZW', 'ZX', 'ZY', 'ZZ', 'DEFINIR FILE 1(1187,23,U,11)
DEFINIR FILE 2(1207,28,U,12)

CHOIX DU TRACE

WRITE (1,4000)
READ (6,2000) I
GO TO (1,2),I

TRACE DU CADRE

1 CALL DPAM1 (AVEC,CADRE)
IF (JJ) 2,3,99

PAS DE CADRE

2 CALL DPAM3 (SANS,CADRE)
IF (JJ) 2,3,99

ENTREE DES DONNEES = NOYBRE D INDIVIDUS DES FICHIERS
INTERROGES ET CHOIX DE L OPTION

3 WRITE (1,4001)
READ (6,2001) NSON1,NSON2
IF (NSON1-1187) 33,33,34
33 IF (NSON2-1207) 35,35,34
34 WRITE (3,2006)
GO TO 2

POUR ICHOI = 1 OPTION I COTES NGF DU TOIT DU PREMIER
NIVEAU DE GALETS-GRAVIERS-SABLES / POUR ICHOI = 0 OPTION
'EPAISSEUR DES FORMATIONS SUPERFICIELLES'

35 WRITE (1,4002)
READ (6,2000) ICHOI

LECTURE FICHIER ETCIV

WRITE (3,2000) XR1,XR2,YR1,YR2
X = 0
Y = 1

DO 4 I = 1,NSON1
READ (1,I1) ICOD1,ICS1,IX1,IX2,IY1,IY2,ICR,IZ1,IZ2
X = (FLOAT(IX1)*1000.+FLOAT(IX2))/1000.
Y = (FLOAT(IY1)*1000.+FLOAT(IY2))/1000.
Z = (FLOAT(IZ1)*100.+FLOAT(IZ2))/10.

TESTS SUR ZONE

XTEST = (X-XP1)*(YR2-X)
IF (XTEST) 4,5,5
5 YTEST = (Y-YP1)*(YR2-Y)
IF (YTEST) 4,6,6

LECTURE FICHIER LITHO

6 I2 = 1
II = 0
DO 7 J = 1,NSON2
READ (2,I2) ICOD2,ICS2,ICP2,IP,L
8 IF (NOS1-NOS2) 7,8,7
9 IF (II) 9,9,7

TESTS SUR NATURE TERRAINS

9 DO 10 JK = 1,10
DO 11 K1 = 1,16
IF (L(JK)-LIT1(K1)) 11,10,11
11 CONTINUE
DO 12 K2 = 1,17
IF (L(JK)-LIT2(K2)) 12,10,12
12 CONTINUE
DO 13 K3 = 1,17
IF (L(JK)-LIT3(K3)) 13,10,13
13 CONTINUE
DO 14 K4 = 1,17
IF (L(JK)-LIT4(K4)) 14,10,14
14 CONTINUE
DO 15 K5 = 1,17
IF (L(JK)-LIT5(K5)) 15,10,15
15 CONTINUE
DO 16 K6 = 1,16
IF (L(JK)-LIT6(K6)) 16,10,16
16 CONTINUE
DO 17 K7 = 1,17
IF (L(JK)-LIT7(K7)) 17,10,17
17 CONTINUE
DO 18 K8 = 1,17
IF (L(JK)-LIT8(K8)) 19,10,19
19 IF (K8-17) 10,20,10
20 CONTINUE

ECRITURE COTES NGF TOIT GRAVIERS

20 IF (ICHO1) 51,50,51
51 IF (JK-1) 52,53,52
53 CALL FPLOT (-2,X,Y)
CALL POINT (3)
CALL FCHAR (X-0.05,Y+0.02,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6006) Z
GO TO 29

52 JL = JK-1
PROF = (FLOAT(IP(JL)))/10.
ZGRAV = Z-PROF
CALL FPLOT (2,X,Y)
CALL FPLOT (-2,X,Y)
CALL POINT (3)
CALL FCHAR (X-0.05,Y+0.02,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6006) ZGRAV
GO TO 29

TERRAIN 1 = GRAVIERS-GALETS-SABLES

50 IF (JK-1) 21,22,21
22 ZIZI = 0.
CALL FPLOT (3,X,Y)
CALL FPLOT (-2,X,Y)
CALL POINT (3)
CALL FCHAR (X-0.05,Y+0.02,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6007) ZIZI
GO TO 29

TERRAIN 1 ET SUIVANTS = TV-ARGILES-LIMONS-TOURBE
TRACES DES EPAISSEURS

21 JL = JK-1
PROF = (FLOAT(IP(JL)))/10.
CALL FPLOT (2,X,Y)

```

CALL FPLIN (3,3,1)
CALL FPLOT (-2,X,Y)
CALL POINT (3)
CALL FCHAR (X=0.05,Y=0.02,C.1,C.1,0.)
WRITE (7,6007) PROF
GO TO 29

```

```

C
29 II = II+1
GO TO 30
7 CONTINUE
30 K = K+1
4 CONTINUE
IF (K) 31,31,32
31 WRITE (3,2002)
GO TO 99

```

ECRITURE LEGENDES

```

C
32 CALL FCHAR (XR1,YR2+0.3,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6000) XR1,XR2,YR1,YR2
WRITE (3,2003)
99 CALL EXIT

```

```

C
4000 FORMAT ('INDIQUER TYPE TRACE = 1 AVEC CADRE 2 SANS CADRE EN I1')
3000 FORMAT (I1)
4001 FORMAT ('ENTRER NR INDIVIDUS FICHIERS ETCIV ET LITHO 2(1X,I4)')
3001 FORMAT (2(1X,I4))
2006 FORMAT ('ERRPUP = NSON1 OU NSON2 TROP GRAND')
2000 FORMAT ('/T30, CARTE ISOPAQUE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES/T30,
*45(I*)/1HC, ZONE LAMPERT = 1,4(1X,F7.3))
2002 FORMAT ('PAS DE RENSEIGNEMENTS SUR LA ZONE DEMANDEE = PROGRAMME I1
*TERROVPIII)
6000 FORMAT ('ZONE LAMPERT = 1,4(1X,F7.3))
4003 FORMAT ('POUR COTES NGF TOIT GRAVIERS = ICHOI=1 SINON ICHOI = 0 EN
*(I1)')
6006 FORMAT (F5.1)
6007 FORMAT (F4.1)
2003 FORMAT (1HC, 'FIN DU JOB ISOPA')
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 44 VARIABLES 228 PROGRAM 1126

END OF COMPILATION

// DUP

```

*DELETE ISOPA
CART ID 00F1 DB ADDR 3A0C DB CNT 0066
*STORE ISOPA
CART ID 00F1 DB ADDR 3A0C DB CNT 0066

```

// FOR

*IOCS (CARD,TYPEWRITER,KEYBOARD,1132 PRINTER,PLOTTER,DISK)
*ONE WORD INTEGERS

// FOR
// IOCS (CARD,TYPEWRITER,KEYBOARD,1132 PRINTER,PLOTTER,DISK,4013 TEKTRON)
*ONE WORD INTEGERS

CARTE LITHOLOGIQUE = NOTATIONS SOUS FORME DE SYMBOLES
DE LA NATURE DES TERRAINS SUR CARTE OU PLAN

3 OPTIONS = NATURE DU SOUS-SOL A UNE COTE TN DONNEE
NATURE DU SOUS-SOL SOUS LA TERRE VEGETALE
NATURE DU SOUS-SOL A UNE COTE NGF DONNEE

```

C
INTEGER TITR1(30)
DIMENSION LIT1(16),LIT2(17),LIT4(17),LIT5(15),LIT6(15),LIT9(15),
*LIT10(15),LIT11(17),LIT7(17),LIT8(17),LIT12(17),LIT14(15),IP(10),
*LI(10),LIT3(17)
COMMON XP1,XP2,YR1,YR2,JJ,XPAS,YPAS,TITR1
DATALIT1/'AA','AB','AC','AD','AE','AG','AH','AJ','AL','AM','AN','AO','A
*BI','AS','AT','AV','AW','
DATALIT2/'BA','BB','BC','BD','BE','BG','BH','BJ','BL','BM','BN','B
*CI','BP','BS','BT','BV','BW'
DATALIT3/'CA','CB','CC','CD','CE','CG','CH','CI','CL','CM','CN','C
*OI','CP','CS','CT','CV','CW'
DATALIT4/'DA','DB','DC','DD','DE','DG','DH','DJ','DL','DM','DN','D
*OI','DR','DS','DT','DV','DW'
DATALIT5/'EA','EB','EC','ED','EE','EG','EJ','EL','EM','EN','EO',
*EP','EV','EW'
DATALIT6/'HA','HB','HC','HD','HE','HG','HH','HJ','HL','HM','HN',
*HO','HR','HS','HT'
DATALIT7/'IA','IB','IC','ID','IE','IG','IH','IJ','IL','IM','IN','I
*OI','IR','IS','IT','IV','IW'
DATALIT8/'JA','JB','JC','JD','JE','JG','JH','JJ','JL','JM','JN','J
*OI','JR','JS','JT','JV','JW'
DATALIT9/'KA','KB','KC','KD','KE','KG','KH','KJ','KL','KM','KN','K
*OI','KR','KS','KT','KV','KW'
DATALIT10/'LA','LB','LC','LD','LE','LG','LH','LJ','LL','LM','LN','L
*OI','LR','LS','LT','LV','LW'
DATALIT11/'SA','SB','SC','SD','SE','SG','SH','SJ','SL','SM','SN','S
*OI','SR','SS','ST','SV','SW'
DATALIT12/'TA','TB','TC','TD','TE','TG','TH','TJ','TL','TM','TN','T
*OI','TR','TS','TT','TV','TW'
DATALIT13/'RA','RB','RC','RD','RE','RG','RH','RJ','RL','RM','RN','R
*OI','RR','RS','RT','RV','RW'
DATALIT14/'PA','PB','PC','PD','PE','PG','PH','PJ','PL','PM','PN','P
*OI','PR','PS','PT','PV','PW'
DEFINE FILE 1(1102,33,U,I1)
DEFINE FILE 2(1137,28,U,I2)

```

CHOIX DU TRACE

```

WRITE (8,4000)
READ (8,3000) I
GO TO (1,2),I

```

TRACE DU CADRE

```

1 CALL DRAW1 (AVEC,CADRE)
IF (JJ) 2,3,99
PAS DE CADRE
2 CALL DRAW3 (SANS,CADRE)
IF (JJ) 2,3,99

```

ENTREE DES DONNEES ET CHOIX DE L OPTION

```

3 WRITE (8,4001)
READ (8,3001) NSON1,NSON2
IF (NSON1-1102) 21,21,23
21 IF (NSON2-1137) 22,22,23
22 WRITE (8,4002)
GO TO 3

```

CHOIX DE L OPTION = -1 POUR LITHOLOGIE A COTE TN DONNEE
0 POUR LITHOLOGIE DE LA SURFACE
1 POUR LITHOLOGIE A COTE NGF DONNEE

```

22 WRITE (8,4003)
READ (8,3003) ICHOI
IF (ICHOI) 70,74,71
70 WRITE (8,4004)
READ (8,3004) ZCS
WRITE (3,2001) ZCS,TITR1,XP1,XR2,YR1,YR2

```



```

71 GO TO 72
   READ (3,2005) ZDEP
   WRITE (3,2003) TITR1,XP1,XP2,YR1,YR2,ZDEP
   GO TO 72

```

LECTURE FICHIER FICIV

```

74 WRITE (3,2000) XP1,XP2,YR1,YR2

```

```

72 I1 = 1
   DO 4 I = 1, NSCN1
     READ (1,I1) ICDI1, NCS1, IX1, IX2, IY1, IY2, ICR, IZ1, IZ2
     X = (FLOAT(IX1)*1000.+FLOAT(IX2))/1000.
     Y = (FLOAT(IY1)*1000.+FLOAT(IY2))/1000.
     Z = (FLOAT(IZ1)*100.+FLOAT(IZ2))/10.

```

TESTS SUR ZONE

```

   YTEST = (X-XP1)*(XR2-X)
   IF (YTEST) 4,5,5
5  YTEST = (Y-YR1)*(YR2-Y)
   IF (YTEST) 4,6,5

```

LECTURE FICHIER LITHO

```

6  I2 = 1
   DO 7 J = 1, NSCN2
     READ (2,I2) ICDI2, NCS2, ICR2, IP, L
     I = I + 1
     IF (NCS1-NCS2) 7,10,7

```

TRACE LITHOLOGIE

```

10 DO 24 JK = 1,10
   IF (ICHO1) 73,76,75
73 PROF = (FLOAT(IP(JK)))/10.
   PTEST = PROF-ZCS
   IF (PTEST) 24,76,76
75 PROF = (FLOAT(IP(JK)))/10.
   ZTEST = (ZDEP-Z)*(Z-PROF-ZDEP)
   IF (ZTEST) 24,76,76
76 DO 25 K1 = 1,16
   IF (L(JK)-LIT1(K1)) 25,24,25
25 CONTINUE
   DO 26 K2 = 1,15
   IF (L(JK)-LIT5(K2)) 27,28,27
29 JL = 1
   GO TO 52
27 IF (L(JK)-LIT6(K2)) 29,30,29
30 JL = 2
   GO TO 52
29 IF (L(JK)-LIT9(K2)) 31,32,31
32 JL = 3
   GO TO 52
31 IF (L(JK)-LIT10(K2)) 33,24,33
34 JL = 4
   GO TO 52
33 IF (L(JK)-LIT14(K2)) 25,25,26
35 JL = 5
   GO TO 52
26 CONTINUE

```

```

   DO 36 K3 = 1,17
   IF (L(JK)-LIT2(K3)) 37,38,37
39 JL = 6
   GO TO 52
37 IF (L(JK)-LIT3(K3)) 39,40,39
40 JL = 7
   GO TO 52
39 IF (L(JK)-LIT4(K3)) 41,42,41
42 JL = 8
   GO TO 52
41 IF (L(JK)-LIT11(K3)) 43,44,43
44 JL = 9
   GO TO 52
43 IF (L(JK)-LIT7(K3)) 45,46,45
44 JL = 10
   GO TO 52
45 IF (L(JK)-LIT8(K3)) 47,48,47
48 JL = 11
   GO TO 52
47 IF (L(JK)-LIT12(K3)) 36,49,36

```

```

49 JL = 12
   GO TO 52
26 CONTINUE
   IF (L(JK)-LIT13) 50,51,50
51 JL = 13
   GO TO 52
24 CONTINUE

```

```

103 IF (ICHO1) 103,11,11
100 IF (PTEST) 7,7,52
101 GO TO 52
102 IF (ZTEST) 7,7,52

```

ECRITURE SYMBOLES

```

52 CALL FPLOT (3,X,Y)
   CALL FPLOT (-2,X,Y)
   GO TO (53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65),JL
53 CALL POINT (3)
   GO TO 11
54 CALL POINT (5)
   GO TO 11
55 CALL POINT (4)
   GO TO 11
56 CALL POINT (2)
   GO TO 11
57 CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6010)
   GO TO 11
58 CALL POINT (0)
   CALL POINT (1)
   GO TO 11
59 CALL POINT (0)
   GO TO 11
60 CALL POINT (1)
   GO TO 11
61 CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6011)
   GO TO 11
62 CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6011)
   CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6012)
63 CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6011)
   CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6013)
   GO TO 11
64 CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6014)
   GO TO 11
65 CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6015)
   GO TO 11
50 CALL FCHAR (X,Y,0.1,0.1,0.)
   WRITE (7,6000) L(JK)
   GO TO 11
17 CONTINUE
11 K = K+1
4 CONTINUE
   IF (K) 9,9,16
9 WRITE (3,2002)
   GO TO 59

```

ECRITURE COMMENTAIRES

```

16 PI = 3.14159
   CALL FCHAR (XR1,YR2+0.3,0.1,0.1,0.)
   IF (ICHO1) 77,78,79
77 WRITE (7,6030) XR1,XP2,YR1,YR2,ZCS
   GO TO 80
78 WRITE (7,6001) XR1,XP2,YR1,YR2
   GO TO 80
79 WRITE (7,6031) XR1,XP2,YR1,YR2,ZDEP
80 CALL FCHAR (XP1-0.1,YR1,0.1,0.1,PI/2)
   WRITE (7,6002)

```

ECRITURE LEGENDE

```

XP = 861.100
YP = 310.100
CALL FCHAR (XP,YP,0.1,0.1,0.)

```

```

WRITE (7,6016)
CALL FCHAR (XP,YP+0.1,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6017)
CALL FCHAR (XP,YP+0.2,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6018)
CALL FCHAR (XP,YP+0.3,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6019)
CALL FCHAR (XP,YP+0.4,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6020)
CALL FCHAR (XP,YP+0.4,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6020)
CALL FCHAR (XP,YP+0.5,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6021)
CALL FCHAR (XP,YP+0.5,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6021)
CALL FCHAR (XP,YP+0.6,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6022)
CALL FCHAR (XP,YP+0.6,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6022)
CALL FPLLOT (3,XP,YP+0.7)
CALL FPLLOT (-2,XP,YP+0.7)
CALL POINT (0)
CALL POINT (1)
CALL FCHAR (XP+0.1,YP+0.7,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6023)
CALL FPLLOT (3,XP,YP+0.8)
CALL FPLLOT (-2,XP,YP+0.8)
CALL POINT (1)
CALL FCHAR (XP+0.1,YP+0.8,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6024)
CALL FPLLOT (3,XP,YP+0.9)
CALL FPLLOT (-2,XP,YP+0.9)
CALL POINT (0)
CALL FCHAR (XP+0.1,YP+0.9,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6025)
CALL FPLLOT (3,XP,YP+1.)
CALL FPLLOT (-2,XP,YP+1.)
CALL POINT (2)
CALL FCHAR (XP+0.1,YP+1.,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6026)
CALL FPLLOT (3,XP,YP+1.1)
CALL FPLLOT (-2,XP,YP+1.1)
CALL POINT (4)
CALL FCHAR (XP+0.1,YP+1.1,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6027)
CALL FPLLOT (3,XP,YP+1.2)
CALL FPLLOT (-2,XP,YP+1.2)
CALL POINT (5)
CALL FCHAR (XP+0.1,YP+1.2,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6028)
CALL FPLLOT (3,XP,YP+1.3)
CALL FPLLOT (-2,XP,YP+1.3)
CALL POINT (3)
CALL FCHAR (XP+0.1,YP+1.3,0.1,0.1,0.)
WRITE (7,6029)
WRITE (1,4010)
CALL EXIT
6010 FORMAT (I1)
6011 FORMAT (I0)
6012 FORMAT (IX)
6013 FORMAT (IZ)
6014 FORMAT (IL)
6015 FORMAT (IR)
6016 FORMAT ('AUTRES SIGNES = VOIR CODES')
6017 FORMAT ('R PENBLAIS')
6018 FORMAT ('T TOURBE')
6019 FORMAT ('L LIMONS')
6020 FORMAT ('Z SABLES + LIMONS')
6021 FORMAT ('X SABLES + ARGILES')
6022 FORMAT ('O SABLES PROPRES')
6023 FORMAT ('ARGILES-LIMONS ORGANIQUES')

```

```

6024 FORMAT ('ARGILES + ELEMENTS DETRITIQUES')
6025 FORMAT ('ARGILES')
6026 FORMAT ('GRAVIERES + LIMONS')
6027 FORMAT ('GRAVIERES + ARGILES')
6028 FORMAT ('GRAVIERES-GALETS-SABLES')
6029 FORMAT ('GRAVIERES PROPRES')
4010 FORMAT ('PROGRAMME GEOL TERVINE')
4002 FORMAT ('ERREUR SUR NOMBRE INDIVIDUS FICHIERS')
4000 FORMAT ('INDIQUER LE TYPE DE TRACE = 1 AVEC CADRE 2 SANS CADRE
*EN I1')
3000 FORMAT (I1)
4001 FORMAT ('ENTREE NB INDIVIDUS FICHIERS SITUA ET LITHO EN 2(IX,I4)')
3001 FORMAT (2I5)
6000 FORMAT (A2)
2000 FORMAT ('//T30, CARTE LITHOLOGIQUE A PARTIR DES DONNEES DE SONDAGES
*1//T30,51(*1)//1X, NOTA = LA TERRE VEGETALE EST IGNOREE//1X, ZONE
*LAMBERT = 1,4(1X,F7.3)')
2002 FORMAT ('HO, DESOLEE JE N AI RIEN SUR LA ZONE CHOISIE')
6001 FORMAT ('ZONE LAMBERT = 1,4(1X,F7.3)')
6002 FORMAT ('COORDONNEES EXACTES = POINT BAS GAUCHE DU PREMIER CARACTE
*RE1')
4003 FORMAT ('INDIQUER OPTION EN (I2) // -1 POUR LITHOLOGIE A COTE TN
*DONNEE // 0 POUR LITHOLOGIE DE LA SURSURFACE // 1 POUR LITHOLOGIE
*A COTE NGF DONNEE')
4005 FORMAT ('INDIQUER COTE NGF DE LA COUPE EN (F6.2)')
2005 FORMAT (F6.2)
3003 FORMAT (I2)
4004 FORMAT ('INDIQUER COTE TN DE LA COUPE (F4.1)')
3004 FORMAT (F4.1)
2001 FORMAT ('//T30, CARTE LITHOLOGIQUE A -1,F4.1, M./T.N.//T30,33(*1)//
*1X,30A2/1X, ZONE LAMBERT = 1,4(1X,F7.3)')
6030 FORMAT ('ZONE LAMBERT = 1,4(1X,F7.3), LITHOLOGIE A -1,F4.1, M./T.N.
*1')
6031 FORMAT ('ZONE LAMBERT = 1,4(1X,F7.3), COUPE A LA COTE = 1,F6.2)')
2003 FORMAT ('T30,30A2/T25, ZONE LAMBERT = 1,4(1X,F7.3)/T25, COUPE A LA C
*OTE = 1,F6.2//T40,10(*1)//')
END
// DUP
*DELETE
*STORE WS UA GEOL

```

BIBLIOGRAPHIEGEOGRAPHIE - GEOLOGIE REGIONALE

APRAHAMIAN J., FOURNEAUX J.C., LACROIX B., USELLE J.P. (1970) - Observations nouvelles sur les argiles interglaciaires de la vallée de l'Isère. C.R. Acad. Sci. t. 271, p. 1070 - 1074.

BLANCHARD R. (1922) - A propos du sous-sol du Grésivaudan. Rev. Géogr. Alp., t. 5., Grenoble.

BOURDIER F. (1935) - Stratigraphie des alluvions anté-würmiennes du Grésivaudan et de la vallée de Chambéry. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 201, p. 977.

FOURNEAUX J.C. (1968) - Hydrogéologie du Grésivaudan. Thèse 3° cycle, Grenoble.

GIGNOUX M. (1944) - L'épaisseur des dépôts quaternaires dans la plaine de Grenoble. C.R. Soc. Géol. France, p. 77.

LACROIX B. (1971) - Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Grenoble. Thèse 3° cycle, Grenoble.

MONTJUVENT G., USELLE J.P. (1973) - Interprétation des " argiles " d'Eybens d'après la sédimentologie du sondage I.N.Q.U.A. 1969. Bull. Ass. Fr. Et. Quat., 2, p. 103-128.

CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE

ANTOINE P., BALESTRA G., COUTURIER B., LETOURNEUR J. (1974) - Caractères spécifiques des régions de montagnes au regard de l'aménagement. C.R. 2° Cong. Internat. de l'AIGI, Sao-Paulo.

ARNOULD M., VANTROYS M. (1970) - Essai de cartographie géotechnique automatique sur la ville nouvelle d'Evry (région parisienne). C.R. 1° Cong. Internat. AIGI, Paris, p. 1069-1080.

ARNOULD M. (1974) - Problèmes de cartographie en géologie de l'ingénieur (cartographie géotechnique). C.R. de la Sté Géol. de Belgique, Colloque de géol. de l'ing., Liège, p. 313-322.

BIGUENET G., DAYRE M., FAVRE J.L. (1970) - Essai de cartographie géotechnique de Grenoble et ses environs. C.R. 1° Cong. Internat. AIGI, Paris, p. 930-941.

BOZONNET J.P. - Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique du Haut-Grésivaudan. Thèse 3° cycle, Grenoble (à paraître).

BROQUET J.F. (1975) - Contribution à la cartographie géotechnique de la ville de Paris : le XIII arrondissement. Thèse Doct. - Ing., ParisVI.

CASTRO R. (1971) - Essai d'interprétation géotechnique de la région de Serres (Hautes alpes). Thèse 3° cycle, Grenoble, 214 P.

COUTURIER B. (1974) - Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique du Bas-Grésivaudan (Isère). Thèse 3° cycle, Grenoble.

MARGALHAN-FERRAT H. (1975) - Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique de la Cluse de l'Isère. Thèse 3° cycle, Grenoble.

TALLONI P. - Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique de la banlieue sud de Grenoble. Thèse 3° cycle, Grenoble (à paraître).

TURNER A.K., COFFMAN D.M. (1973) - Geology for planning : a review of environmental geology. Quart. Col. Sch. Mines., 68, n°3, 137 p.

GEOLOGIE DE L'INGENIEUR - GEOTECHNIQUE

ANTOINE P. (1975) - Géologie et reconnaissances des sols. Cycle de Formation Permanente de Mécanique des Sols, Grenoble (inédit).

ANTOINE P. (1975) - Eléments de géologie appliquée au génie civil. Cours destiné aux élèves de l'E.N.T.P.E. de Lyon., Tome 2, 379 p.

ARNOULD M. (1969) - Aspect géologique des problèmes d'urbanisme (géologie urbaine). Ann. Pts et Ch., n°5, p. 1-8.

COSTET J., SANGLERAT G. (1959) - Cours pratique de mécanique des sols. Paris, Dunod, 599 p.

DAYRE M. (1975) - Géologie et mécanique des sols. Cycle de Formation Permanente de Mécanique des Sols. Grenoble (inédit).

FAVRE J.L. (1972) - Pour un traitement par le calcul de probabilité statistique des problèmes de mécanique des sols. Thèse 3° cycle, Grenoble.

MARTIN P. (1976) - Essai sur la géotechnique. Masson & Cie. Paris.

PHILIPPONNAT G. (1975) - Reconnaissance des sols. Cycle de Formation Permanente de Mécanique des Sols., Grenoble (inédit).

CLASSIFICATION DES SOLS ET ROCHES

SCHON Ch. (1965) - Classification géotechnique des sols basée sur la classification USCS. Bull. L.C.P.C., n°16, p. 5-16.

SCOLARI G., LILLER A., GIOT D. (1973) - Nomenclature et classification des roches sédimentaires (roches détritiques terrigènes et roches carbonatées). Bull. B.R.G.M., (2° série), Section IV, 2, p. 57-132.

INFORMATIQUE GENERALE

HAMEL A. (1971) - Les matériels de traitement de l'information graphique. Sciences de la Terre, tome XVI, n° 3-4, Journées d'Etude C.N.R.S., " Les liaisons entre traitement automatique et visualisation de l'information géologique "., Nancy, p. 241-264.

HEALY J.J., DEBRUZZI D.J., BAUER C.R., PELUSO A.P. (1968) - Basic Fortran IV Programming : Self-Instructional Manual & Text. Addison-Wesley Pub. Comp. Inc.

LAGARDE M., LESPINARD G. Programmation. Tome I : Langage de programmation Fortran. Tome II : Utilisation pratique de l'ordinateur IBM 1130. Institut de Mécanique de Grenoble (inédit).

LENCI M., COTON P., KREMER M. (1972) - Notions de base du traitement de l'information. p. 100-131, in L'informatique géologique sous la direction de P. LAFFITE. Masson, Paris.

STERN J., LEPETIT P., CHABANAS J.M. (1971) - Initiation pratique à l'informatique. Dunod Ed., Paris, 226 p.

VIGNES J., LAPORTE M. (1969) - Théorie et pratique de la programmation Fortran. Soc. des Ed. Technip., Pub. de IFP.

INFORMATIQUE GEOLOGIQUE

ARNOULD M., VANTROYS M. (1970) - Essai de cartographie géotechnique automatique sur la ville nouvelle d'Evry (région parisienne). C.R. 1° Cong. Internat. AIGI, Paris, p. 1069-1080.

BARY (de) Ch. (1974) - Conception et réalisation d'un logiciel de gestion et d'interrogation d'une banque de données géologiques. Sciences de la Terre, Série Informatique Géologique, n°3, 177 p.

BICKMORE D.P. (1971) - The Work Of The " Experimental Cartography Unit". Sciences de la Terre, Tome XVI, n°3-4, p. 265-274.

BICKMORE D.P., KELK B. (1972) - The Production of a Multicolor Geological Map by Automated Means. 24° CGI. Section 16. Montréal., p. 121-128.

BIGUENET G., DAYRE M., FAVRE J.L. (1970) - Essai de cartographie géotechnique de Grenoble et ses environs. C.R. 1° Cong. Internat. AIGI., Paris, p. 930-941.

BOUILLE F. (1973) - Contribution à la digitalisation et à l'analyse des cartes géologiques. Thèse 3° cycle, Géologie Mathématique, Univ. Paris VI.

B.R.G.M. (1968) - L'informatique géologique. Bull. du B.R.G.M., Section IV, n°3.

BRISOT M., COULOMB R., DESGEANS J., SALICHON M. (1971) - Méthodes graphiques en géologie minière. Sciences de la Terre, Tome XVI, n°34, p. 435-454.

BUISSON J.L. (1976) - Le fichier des données géotechniques. Bull.L.C.P.C. n°84, p. 149-162.

COMITE DES TECHNICIENS - CAMBRE SYNDICALE DE LA RECHERCHE ET DE LA PRODUCTION DU PETROLE ET DU GAZ NATUREL (1969) - Méthodes modernes de traitement de l'information géologique sur ordinateur. Ed. Technip, Paris.

CUTBILL J.L. (1971) - Data Processing in Biology & Geology. Ed. J.L. CUTBILL, Academic Press, London & New-York.

DELBOS L. (1972) - Exemples d'exploitations de fichiers : fichiers bibliographiques. p. 133-143 in " L'informatique Géologique " sous la direction de P.LAFFITTE. Masson, Paris.

DEMONSABLON P. (1972) - Intégration de l'outil informatique dans le bureau d'études. Ann. I.T.B.T.P., n°292, p. 163-169.

DUMORT J.C. (1968) - L'analyse sémantique : outil dans le domaine géologique. Bull. B.R.G.M., Section IV, n°3, p. 47-50.

FAVRE J.L. (1972) - Pour un traitement par le calcul de probabilité statistique des problèmes de mécanique des sols. Thèse 3° cycle, Grenoble.

GHISTE S. (1974) - Constitution d'une banque de données géotechniques. 2° Cong. AIGI, Sao Paulo, Vol. 1-III-14.

GOUBIN N., DE JEKHOWSKY B. (1972) - Exemples d'exploitations de fichiers constitution et exploitation de deux fichiers géochimiques. p. 146-174 in L'informatique géologique sous la direction de P.LAFFITTE, Masson, Paris.

GRANDCLAUDE Ph. (1972) - La formalisation des données géologiques. p. 53-97, in " L'informatique géologique " sous la direction de P. LAFFITTE. Masson, Paris.

GRANDCLAUDE Ph. (1974) - Contribution à la méthodologie d'un système d'information en géologie. Application à la géochimie. Sciences de la Terre. Série Informatique Géologique., n°2, 277p.

GROS G. (1972) - Système d'obtention d'une image numérique de la géologie routière. C.R. 24° C.G.I. Montréal, p.235-240.

GROS G. (1975) - Utilisation de la console de visualisation comme outil de représentation et de traitement des données géologiques d'un site. Bull. L.C.P.C., n°76, p. 133-140.

GUIENNET B. (1976) - Le fichier géologique et géotechnique du Laboratoire d'Aix-en-Provence. Bull. L.C.P.C., n°84, p. 163-171.

GUILLEMIN R., DUCLOUX A. (1975) - Application du dessin automatique au Laboratoire d'Autun. Bull. L.C.P.C., n°80, p. 109-119.

HAVARD H. (1973) - Constitution d'un système géologique et géotechnique sur ordinateur. Thèse 3° cycle, Nancy I.

JEKHOWSKY (de) B. (1968) - Organisation d'un système de stockage, recouvrement et exploitation de données géologiques sur ordinateur. Rev. I.F.P., Tome XXIII, n°5, p. 565-607.

JEKHOWSKY (de) B. (1968) - Quelques utilisations des ordinateurs en géologie, et spécialement en géologie de laboratoire. Bull. B.R.M., section IV, n°3, p. 51-57.

JUNEMANN P.M. (1971) - Geological Applications of Interactive Computer and " Graphic Analysis of Three Dimensional Data " (G.A.T.D.). Sciences de la Terre, Tome XVI, n° 3-4, p. 303-316.

KREMER M. LESAGE M.T. (1972) - Exemples d'exploitations de fichiers système d'information géologique et minière. Exploitation d'un fichier " cartes et plans ". p. 175-190, in " L'informatique Géologique " sous la direction de P.LAFFITTE. Masson, Paris.

LAFFITTE P. (1968) - Limites actuelles de l'informatique géologique. Bull. B.R.G.M., Section IV, n°3, p. 2-9.

LAFFITTE P. (1969) - L'informatique géologique et la terminologie. Mineralium Deposita, juin 1969.

LAFFITTE P. (1969) - La codification sémantique en informatique géologique. Ann. Mines, déc. 1969, p. 75-85.

LAFFITTE P. (1972) - Traité d'informatique géologique. Ed. Masson et Cie, Paris.

LEMAIRE B. (1975) - Banque des données du sous-sol. Saisie et exploitation des données géotechniques. Bull. L.C.P.C., n°76, p. 117-123.

LEYMARIE P. (1970) - Contribution aux méthodes d'acquisition, de représentation et de traitement de l'information en géologie. Sciences de la Terre, n°18, Série Mémoires.

LEYMARIE P. (1972) - Structure de l'information géologique. p.15-22, in "L'informatique géologique" sous la direction de P. LAFFITTE, Masson, Paris.

LOUDON T.V. (1971) - Some Geological Data Structures : Arrays, Networks, Trees and Forests. Data Processing in Biology and Geology. Ed. Cutbill, Academic Press, London & New-York, p. 135-146.

LOUDON T.V. (1974) - Analysis of Geological Data Using Rockdoc, a Fortran IV Package for the IBM 360/65 Computer. Rep. Inst. Geol. Sci., n°74/1.

MALLET J.L. (1974) - Présentation d'un ensemble de méthodes et techniques de la cartographie automatique numérique. Sciences de la Terre, Série Informatique Géologique, n°4,

MALLET J.L., BEAUCOURT (de) F., SAVARY R. (1976) - Programmes de cartographie automatique : présentation de la bibliothèque CART/LAB. Sciences de la Terre, Série Informatique Géologique, n°7.

MAHIEU J.L. (1975) - Essai méthodologique d'utilisation d'un fichier de données géotechniques. Documentation, cartographie, traitements statistiques. Bull. L.C.P.C., n°76, p. 123-133.

MASSET J.M. (1973) - Un système de visualisation des variations géographiques d'un paramètre géologique. Sciences de la Terre, n°1.

PILOT G. (1975) - Emploi de visualisation interactive pour des études de mécanique des sols. Bull. L.C.P.C., n°80, p. 93-99.

POLO-CHIAPOLINI C., SCHROEDER C., MONTJOIE A. (1974) - Cartographie automatique du centre de Liège et du Sart Tilman. C.R. 2° Cong. Internat AIGI, Sao Paulo - III-19.1-10.

RAGUENEL (de) A. (1973) - Une expérience de fichier géotechnique sur ordinateur. Bull. L.C.P.C., n°67, p. 71-84.

RATKOVIC P. (1971) - L'état de l'Art en Yougoslavie. Sciences de la Terre, Tome XVI, n° 3-4, p. 465-474.

RICOUR J. (1968) - Exploitation par ordinateur d'un fichier de documentation relatif à la géologie souterraine de la France. Bull. B.R.G.M., Section IV, n°3, p. 42-46.

ROCHE (de la) H., GRANDCLAUDE Ph. (1972) - La collecte des données géologiques. p. 23-51 in "L'informatique géologique" sous la direction de P. LAFFITTE, Masson, Paris.

SANEJOUAND R. (1974) - La prise en compte des données géologiques dans un fichier de données géotechniques sur ordinateur. C.R. 2° Cong. Internat. AIGI, Sao Paulo, III-33.

SANEJOUAND R. (1975) - Fichiers de données géotechniques sur ordinateurs dans les L.P.C. Bull. L.C.P.C., n°76, p. 107-117.

SAVARY R. (1973) - Un système de stockage de l'information géotechnique sur ordinateur. Thèse Doct. Ing., Univ. Nancy I.

SAVOYSKY S., GUILLON M.P. (1976) - Introduction à l'emploi de l'informatique pour la gestion des données. Bull. L.C.P.C., n°83, p. 105-112.

SERRE Y., GONNON B. (1971) - La visualisation graphique par ordinateur, outil du géologue pétrolier. Sciences de la Terre, tome XVI, n° 3-4, p. 413-433.

THOMAS A. (1975) - Principes et méthodes de valorisation de l'information en mécanique des sols appliquée. Thèse Doc. es Sc. Nat., Inst. Nat. Poly. Lorraine.

VANTROYS M., GROS G. (1972) - Résultats graphiques, p. 537-578 in "L'informatique géologique" sous la direction de P. LAFFITTE, Masson, Paris.

MATHEMATIQUES ET GEOLOGIE

MARSILY (de) G., CHOUBERT B. (1972) - Calcul en géologie. p. 239-304 in "L'informatique géologique" sous la direction de P. LAFFITTE, Masson, Paris.

MATHERON G. (1972) - Théorie des variables régionalisées. p. 306-377 in "L'informatique géologique" sous la direction de P. LAFFITTE, Masson, Paris.

BIBLIOGRAPHIES (Ouvrages importants pour leur bibliographie)

CUTBILL J.L. (1971) - Data Processing in Biology & Geology. Ed. J.L. Cutbill, Academic Press, London & New-York.

CONGRES DE GEOLOGIE DE L'INGENIEUR (C.G.I.) - Section 16. C.R. 24^o Cong. Montréal 1972.

JACQUET J.M., FROIDEVAUX R., VERNET J.P. (1975) - Comparison of Automatic Classification Methods Applied to Lake Geochemical Samples. Mathematical Geology, vol. 7, n^o3.

MERRIAM D.F. (Editions) 1966-1970 - Computer Contributions Series (Plus de 40 titres). State Geological Survey, the University of Kansas, Lawrence, Kansas, U.S.A.

LAFFITTE P. (1972) - Traité d'informatique géologique. Ed. Masson & Cie, Paris.

PEUCKER T.K. (1972) - Computer cartography a working bibliography. Department of geography, University of Toronto, Discussion Paper, n^o12, 142 p.

LISTE DES FIGURES

N ^o	Pages
1 - Articulation des stades de l'étude géotechnique.....	7
2 - Courbe pressiométrique.....	9
3 - Diagramme de pénétration statique.....	9
4 - Diagramme de pénétration dynamique.....	11
5 - Courbes dromochroniques : résultats d'un essai de sismique-réfraction.....	11
6 - Courbe $\rho_a = f(AB/2)$ obtenue en sondage électrique (méthode du quadripole).....	13
7 - Courbe Proctor.....	13
8 - Courbe granulométrique.....	15
9 - Résultats d'un essai triaxial.....	17
10 - Courbe oedométrique : charge - tassement.....	19
11 - Présentation des résultats d'un sondage pressiométrique...	22
12 - Organisation de l'information géotechnique.....	24
13 - Structure arborescente de l'information géotechnique.....	34
14 - Accès aux fichiers élémentaires.....	44
15 - Bordereau de perforation : fichier "Situation".....	69
16 - Bordereau de perforation : fichier "Lithologie".....	69
17 - Bordereau de perforation : fichier "Identification".....	71
18 - Bordereau de perforation : fichier "Propriétés Mécaniques".....	75
19 - Bordereau de perforation : fichier "Pressiomètre".....	80
20 - Bordereau de perforation : fichier "Pénétration".....	80
21 - Bordereau de perforation : fichier "Nappe".....	83
22 - Détails du fonctionnement du programme CONST.....	90
23 - Fonctionnement général du programme EDITN.....	93
24 - Principe d'une opération de décodage.....	94
25 - Exemple d'édition des informations sur imprimante.....	95
26 - Fonctionnement général du sous-programme DRAW1.....	97
27 - Fonctionnement général du sous-programme DRAW3.....	97
28 - Exemple d'édition graphique réalisée par le programme POZON.....	98
29 - Exemple d'édition graphique réalisée par le programme ISOPA.....	100
30 - Exemple d'édition graphique réalisée par le programme GEOL.....	102
31 - Principe des itinéraires construits par le programme COUPE.....	103
32 - Exemple d'édition graphique réalisée par le programme COUPE et interprétation en résultant.....	104
33 - Cadre géographique et géologique de l'étude.....	110

LISTE DES TABLEAUX

N°	Pages
1 - Types de données géotechniques.....	34
2 - Formalisation d'une donnée numérique.....	36
3 - Formalisation d'une donnée graphique.....	36
4 - Formalisation d'une donnée sémantique.....	37
5 - Nombre d'individus des fichiers élémentaires au 31/7/77..	51
6 - Numéro de code des fichiers élémentaires.....	59
7 - Précision sur les coordonnées Lambert.....	59
8 - Précision sur les cotes N.G.F. et T.N.....	59
9 - Date des reconnaissances.....	60
10 - Origine des dossiers.....	60
11 - Désignations lithologiques :	
11a - Désignations lithologiques des sols.....	62
11b - Désignations lithologiques des roches.....	62
11c - Comparaison avec la classification L.C.P.C.....	63
12 - Caractères lithologiques descriptifs.....	64
13 - Procédé de sondage.....	64
14 - Présence du substratum.....	65
15 - Composition minéralogique.....	65
16 - Procédé d'échantillonnage.....	65
17 - Type d'essai de cisaillement.....	66
18 - Variable de tassement.....	67
19 - Type d'essai de pénétration.....	67
20 - Type d'essai Proctor.....	67
21 - Type d'essai de perméabilité en laboratoire.....	67
22 - Relations entre variable-fortran et donnée du fichier SITUA.....	88
23 - Edition simultanée des enregistrements effectués sur le fichier SITUA.....	91
24 - Les fichiers de décodage.....	88
25 - Contenu du fichier de décodage "OGINE" : origine des dossiers.....	94

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 : REVUE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS
DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE.....

1 - AVERTISSEMENT	5
2 - CADRE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE	5
2.1. Aménagement et nécessité d'études spécialisées	5
2.2. Conception de l'étude géotechnique	6
2.2.1. Le stade des reconnaissances préliminaires	6
2.2.2. L'Avant-Projet Sommaire	6
2.2.3. L'Avant-Projet Détaillé	6
2.2.4. La surveillance des travaux	6
3 - LES TECHNIQUES DE RECONNAISSANCES	8
3.1. L'étude géologique	8
3.1.1. Une description détaillée des ensembles litholo- giques	8
3.1.2. Une analyse de la géométrie des ensembles litho- logiques	8
3.1.3. Une synthèse des observations effectuées	10
3.2. L'étude géotechnique in situ	10
3.2.1. L'essai pressiométrique	10
3.2.2. L'essai de pénétration statique	10
3.2.3. L'essai de cisaillement in situ : le scissomètre	12
3.2.5. Les essais d'eau	12
3.3. L'étude géophysique	12
3.3.1. La prospection sismique de surface	12
3.3.2. La prospection électrique	14
3.3.3. Autres techniques utilisables	14
3.4. L'étude géotechnique en laboratoire	14
3.4.1. Les essais d'identification	14
3.4.2. Mesures des propriétés mécaniques	18
4 - LE RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE	20
4.1. Présentation du dossier	20
4.1.1. La rubrique géologique	20
4.1.2. La rubrique géotechnique	20
4.1.3. Les conclusions de l'étude	20
4.2. Sommaire des informations consignées	21
4.2.1. Renseignements administratifs	21
4.2.2. Renseignements concernant un sondage	21
4.2.3. Renseignements concernant un échantillon	21
4.2.4. Renseignements concernant les essais en place	23
5 - CONCLUSION	26

CHAPITRE 2 : LE STOCKAGE DE L INFORMATION GEOTECHNIQUE	27
1 - LES MOYENS INFORMATIQUES	29
1.1. Généralités	29
1.2. L'outil informatique	29
1.2.1. Présentation d'un ordinateur	29
1.2.2. Les supports de l'information	30
1.3. Quelques notions de base du traitement de l'information; structure de l'information organisée (définitions)	31
1.3.1. L'élément (ou item)	31
1.3.2. Le groupe	31
1.3.3. L'article (ou enregistrement logique)	31
1.3.4. Le fichier	32
1.3.5. Les bases de données et banques de données	32
2 - ADAPTATION ET CHOIX DES DONNEES	32
2.1. Structure de l'information brute	32
2.1.1. L'aspect informel des données	32
2.1.2. L'aspect sélectif des données	33
2.1.3. Les relations entre données	33
2.1.4. Les différents types de données	35
2.2. Adaptation de l'information brute	35
2.2.1. La formalisation des données	35
2.2.2. Le codage	37
2.2.3. Les pertes d'information	38
2.3. Le choix des données	40
2.3.1. Les objectifs du fichier	40
2.3.2. Le choix des données	40
3 - ADAPTATION ET CHOIX DU FICHER	41
3.1. Les exigences du fichier géotechnique	41
3.1.1. Les obligations dues aux traitements envisagés	41
3.1.2. La solution choisie	41
3.2. Adaptation du fichier	42
3.2.1. Les bases de travail	42
3.2.2. Le fractionnement en fichiers multiples	43
3.2.3. Structuration des articles	46
3.2.4. Rangement des articles	46
CHAPITRE 3 : CONCEPTION DU FICHER GENERAL	49
1 - GENERALITES	51
2 - CONCEPTION DES FICHERS ELEMENTAIRES	52
2.1. Le fichier "Situation"	52
2.1.1. La localisation géographique du sondage	52
2.1.2. Le nom du chantier - but des reconnaissances	52
2.1.3. La date des reconnaissances	52

2.1.4. L'origine du dossier	53
2.1.5. Les références du dossier	53
2.2. Le fichier "Lithologie"	53
2.2.1. La désignation des ensembles lithologiques	53
2.2.2. La cote T.N. des ensembles lithologiques	54
2.2.3. La cote de la nappe phréatique et sa date de mesure	54
2.2.4. Les caractéristiques techniques du sondage	54
2.2.5. La présence du substratum	54
2.3. Le fichier "Identification"	55
2.3.1. La profondeur de l'échantillon	55
2.3.2. La désignation lithologique de l'échantillon	55
2.3.3. Les paramètres d'identification	55
2.3.4. La courbe granulométrique	55
2.3.5. Les limites d'Atterberg	55
2.3.6. La composition minéralogique du sol	55
2.3.7. Les teneur en carbonates et Equivalent-Sable	56
2.4. Le fichier "Propriétés Mécaniques"	56
2.4.1. La désignation lithologique de l'échantillon	56
2.4.2. La profondeur de l'échantillon	56
2.4.3. Le mode d'échantillonnage	56
2.4.4. L'essai de cisaillement	56
2.4.5. L'essai de tassement	57
2.4.6. L'essai Proctor	57
2.4.7. L'essai de perméabilité en laboratoire	57
2.5. Le fichier "Pressiomètre"	57
2.6. Le fichier "Pénétration"	57
2.7. Le fichier "Nappe"	58
2.7.1. La localisation géographique du point de mesure	58
2.7.2. La cote N.G.F. du niveau piézométrique	58
2.7.3. La date de la mesure	58
3 - LE MODE DE STOCKAGE DES DONNEES	58
3.1. Les codes utilisés	58
3.1.1. Les numéros des fichiers	58
3.1.2. La précision sur les coordonnées Lambert	59
3.1.3. La précision sur les cotes N.G.F. et T.N.	59
3.1.4. La date des reconnaissances	59
3.1.5. L'origine des dossiers	60
3.1.6. Les désignations lithologiques	60
3.1.7. Les procédés de sondage	64
3.1.8. La présence du substratum	65
3.1.9. La composition minéralogique	65
3.1.10. Les procédés d'échantillonnage	65
3.1.11. Les types d'essai de cisaillement	66
3.1.12. La nature de la variable de tassement	66
3.1.13. Les types d'essai de pénétration	67
3.1.14. Les types d'essai Proctor	67
3.1.15. Les types d'essai de perméabilité en laboratoire	67

3.2. Le mode d'utilisation des bordereaux de perforation	68
3.2.1. Le fichier "Situation"	68
3.2.2. Le fichier "Lithologie"	70
3.2.3. Le fichier "Identification"	72
3.2.4. Le fichier "Propriétés Mécaniques"	76
3.2.5. Le fichier "Pressiomètre"	79
3.2.6. Le fichier "Pénétration"	81
3.2.7. Le fichier "Nappe"	82
 CHAPITRE 4 : LES PROGRAMMES DE TRAITEMENT	85
1 - PRESENTATION	87
2 - LES PROGRAMMES DE MISE A JOUR	87
2.1. Mise à jour des fichiers élémentaires	87
2.1.1. Les données enregistrées	87
2.1.2. Le programme CØNST	89
2.2. Mise à jour des fichiers de décodage	89
2.2.1. Les fichiers de décodage	89
2.2.2. Le programme LEXIQ	89
3 - LE PROGRAMME D EDITION A L IMPRIMANTE : EDITN	92
4 - LES PROGRAMMES D EDITIONS GRAPHIQUES	92
4.1. Les tracés en plan	92
4.1.1. Les sous-programmes de tracé	92
4.1.2. Les programmes principaux de dessin	96
4.2. Les tracés en coupe	101
5 - CONCLUSION PROVISOIRE	105
5.1. Les programmes de tracés en plan	105
5.2. Le programme de tracé en coupe	106
5.3. Conclusion	106
 CHAPITRE 5 : CONTRIBUTION A L ETUDE DU REMBLAIEMENT ALLUVIAL DE LA VALLEE DE L ISERE	107
1 - INTRODUCTION	109
2 - CADRE GEOGRAPHIQUE ET LIMITES DE L ETUDE	109
2.1. Le Bas-Grésivaudan	111
2.1.1. Cadre géographique	111
2.1.2. Limites de l'étude (NE)	111
2.2. Le Centre Ville	111
2.2.1. Cadre géographique	111
2.2.2. Limites de l'étude (S)	112

2.3. La Cluse de l'Isère	112
2.3.1. Cadre géographique	112
2.3.2. Limites de l'étude (NW)	112
3 - ETAT DES CONNAISSANCES AU MOMENT DE NOTRE INTERVENTION ...	112
3.1. Les ensembles lithologiques	113
3.2. Géométrie des ensembles lithologiques	113
3.3. La documentation	114
3.3.1. Les coupes de sondages	114
3.3.2. Les coupes sériées	115
3.3.3. Les cartes	115
3.4. Conclusion	116
4 - L APPORT DU TRAITEMENT AUTOMATIQUE	116
4.1. Les éditions du programme ISØPA	116
4.1.1. Les limites du programme	116
4.1.2. Les cartes d'isopaques des sols fins de surface	117
4.1.3. Avertissement	119
4.2. Les éditions du programme GEØL	119
4.2.1. Les limites du programme	119
4.2.2. Les cartes lithologiques des alluvions à profondeur donnée par rapport au terrain naturel	120
4.2.3. Conclusion	123
 CONCLUSION	125
 ANNEXE	127
 BIBLIOGRAPHIE	139
 LISTE DES FIGURES	147
 LISTE DES TABLEAUX	148
 TABLE DES MATIERES	149

Dernière page d'une thèse

VU

Grenoble, le

Le Président de la thèse

Vu, et permis d'imprimer,

Grenoble, le

Le président de l'Université
Scientifique et Médicale