



**développement de GEOPARIS,  
banque de données  
à restitution graphique  
sur le sous-sol de Paris**

---

**V. Leclerc**

**avec la collaboration de  
J.P. Leprêtre**

**Mars 1990**

**R 30 665 IDF 45 90**

**BRGM  
SERVICES GÉOLOGIQUE ILE DE FRANCE  
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
Département Service Public  
B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France - Tél. :38.64.34.34**

*Développement de Géoparis,  
banque de données à restitution graphique sur le sous-sol de Paris*

Ce rapport a été rédigé par V. LECLERC \* avec la collaboration de J. P. LEPRETRE \*\*.

La frappe a été réalisée au département Matériel/Logistique/Reprographie du BRGM. L'illustration a été réalisée par le SGR/IDF.

- \* Stagiaire 3ème Cycle au SGR/IDF
- \*\* Adjoint au Chef du département Service Public.

## TABLE DES MATIERES

### RESUME

<b>INTRODUCTION</b> .....	11
<b>1 - CADRE GENERAL DU PROJET</b> .....	13
<b>1.1 - LA BANQUE DU SOUS-SOL</b> .....	13
<b>1.1.1 - Les données archivées</b> .....	13
<b>1.1.2 - Structure de la base de données</b> .....	15
<b>1.2 - LES BESOINS FORMULES PAR LES UTILISATEURS DE LA BSS -     LES MOYENS MIS EN ŒUVRE DANS LA CONCEPTION     DE GEOPARIS</b> .....	15
<b>1.2.1 - Besoins des utilisateurs</b> .....	15
<b>1.2.2 - Présentation des logiciels participant à GEOPARIS</b> .....	16
<b>1.2.2.1 - Le SGBD relationnel ORACLE</b> .....	16
<b>1.2.2.2 - Le système GDM</b> .....	18
<b>1.2.3 - Contrôle de la qualité des données</b> .....	18
<b>1.3 - ELABORATION ET FONCTIONNEMENT DE GEOPARIS</b> .....	19
<b>1.3.1 - Mise en œuvre d'ORACLE et GDM       - Développements complémentaires</b> .....	19
<b>1.3.1.1 - Interfaçage entre ORACLE et GDM</b> .....	19
<b>1.3.1.2 - Création de nouvelles applications GDM</b> .....	19
<b>1.3.1.3 - Utilisation de GDM en mode "batch"</b> .....	19
<b>1.3.2 - Fonctionnement de GEOPARIS</b> .....	22
<b>1.3.2.1 - Délimitation d'un secteur d'étude</b> .....	22
<b>1.3.2.2 - Extraction et traitement des données</b> .....	24
<b>1.3.2.3 - Productions graphiques</b> .....	24
<b>1.4 - ASPECT FORMEL DE GEOPARIS - MATERIEL UTILISE</b> .....	24
<b>1.4.1 - Aspect formel du système GEOPARIS</b> .....	24
<b>1.4.2 - Matériel hardware utilisé</b> .....	24
<b>1.5 - RESULTATS</b> .....	26
<b>1.5.1 - Qualité des données de la Banque du Sous-Sol</b> .....	26
<b>1.5.2 - Possibilités offertes par le système GEOPARIS</b> .....	27
<b>1.5.2.1 - Restitutions d'informations géologiques</b> .....	27
<b>1.5.2.2 - Restitutions d'informations hydrogéologiques</b> .....	28

<b>2 - METHODOLOGIE D'INTERROGATION A L'AIDE DE GEOPARIS ...</b>	<b>29</b>
2.1 - LES ETUDES REALISABLES A L'AIDE DE GEOPARIS .....	29
2.1.1 - Présentation d'un exemple d'utilisation de GEOPARIS .....	29
2.1.2 - La préparation des données .....	29
2.2 - MISE EN ŒUVRE DE GEOPARIS .....	31
2.2.1 - Délimitation du secteur à étudier .....	31
2.2.1.1 - Sélection du type d'information à utiliser .....	31
2.2.1.2 - Délimitation du secteur à étudier .....	34
2.2.1.3 - Carte et liste des points disponibles .....	34
2.2.1.4 - Consultation d'une sélection antérieure .....	35
2.2.2 - Extraction de la BSS des données correspondantes .....	35
2.2.3 - Représentation sous forme graphique des données .....	35
2.2.3.1 - Représentation des données géologiques .....	35
2.2.3.2 - Représentation des données hydrogéologiques .....	41
2.3 - ANALYSE ET CRITIQUE DU SYSTEME .....	45
2.3.1 - Utilisation pratique de GEOPARIS .....	45
2.3.2 - Absence de représentations interpolées .....	45
2.3.3 - Codification des terrains et des nappes aquifères .....	48
2.3.4 - Principes de codification .....	48
<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONS GENERALES .....</b>	<b>53</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>55</b>

## **RESUME**

Afin d'offrir aux utilisateurs de la Banque du Sous-Sol en région des possibilités de visualisation graphique des données, le BRGM a conçu et développé le système GEOPARIS. Il associe ORACLE, le logiciel gérant la Banque du Sous-Sol à GDM un logiciel d'applications graphiques produit au BRGM. Grâce à ce système, opérationnel en Ile de France, les utilisateurs peuvent obtenir les informations du sous-sol pour la zone géographique qui les intéresse sous forme de tableaux de données ou sous forme d'images bidimensionnelles (cartes, coupes, profils, diagrammes). Les opérations se font rapidement et sans manipulations complexes de logiciels et de fichiers, sur du matériel micro-informatique compatible.



## INTRODUCTION

Dans le cadre de sa mission de Service Public, le service géologique national du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), collecte et gère les informations sur le sous-sol français. Cet ensemble des données constitue la Banque du Sous-Sol (B.S.S.).

Pour chaque point d'observation, les documents recueillis sont groupés dans un dossier identifié par un numéro de classement national unique. Celui-ci se rapporte à la coupure géologique à l'échelle du 1/50 000 sur laquelle se situe l'ouvrage réalisé. Les archives "papier" ainsi constituées sont rassemblées par feuille géologique et sont stockées dans le service régional qui s'y rapporte où elles sont mises à la disposition du public. Deux centres de consultation nationaux (l'un à Paris à la Maison de la Géologie, l'autre à Orléans la Source) proposent aux utilisateurs les équivalents microfichés des dossiers et ce pour l'ensemble du territoire.

Le très grand volume d'informations contenues en B.S.S. a conduit le BRGM à adopter, dès 1967, une gestion informatisée des données. Depuis 1987, ce travail est assuré par le système de gestion de base de données relationnel ORACLE dont l'un des avantages est d'être utilisable, aussi bien sur de gros calculateurs (VAX 780) que sur les micro-ordinateurs (type 386 par exemple). La base nationale du site central d'Orléans est ainsi alimentée régulièrement à partir des bases régionales, autonomes pour la saisie, la mise à jour et la consultation de l'information (J.P. LEPRETRE, C. NAIL, 1989).

Ce système permet une interrogation de la base sur des critères de sélection très variés et une restitution en listes, tableaux ou fichiers agencés selon les besoins de l'opérateur. Par contre, contrairement au site central orléanais qui dispose de nombreux moyens de visualisation graphique des données, il n'existait pas, localement, jusqu'à aujourd'hui de telles possibilités pour les utilisateurs de la B.S.S.

Le système GEOPARIS, présenté ici est le résultat du projet de recherche lancé sur ce thème en 1988 par le BRGM. L'objectif était de disposer localement, sur micro-ordinateur, d'un outil capable de rechercher dans la base, les données disponibles dans un secteur géographique déterminé par l'opérateur, et de les restituer sous forme de tableaux ou de synthèses graphiques (cartes, diagrammes). Les opérations devaient être rapides et suffisamment simples pour affranchir l'utilisateur des manipulations de logiciels et de fichiers informatiques.

GEOPARIS a été testé sur la coupure IGN à 1/50 000 comprenant la Ville de Paris. Il sera à court terme applicable à la totalité de la région "Ile de France" ou de toute autre région où la densité de l'information est compatible avec une expression graphique satisfaisante.



# **1 - CADRE GENERAL DU PROJET**

## **1.1 - LA BANQUE DU SOUS-SOL**

### **1.1.1 - LES DONNEES ARCHIVEES**

Pour chacun des ouvrages réalisés (sondage, forage, puits etc...) déclarés conformément au titre VIII du Code Minier (articles 131 à 136) et pour lesquels un dossier aura été instruit on pourra trouver (en fonction des documents fournis par le déclarant) les renseignements suivants :

#### **\* Informations générales**

Ce sont les informations relatives à la localisation de l'ouvrage, son type, sa date de réalisation et sa finalité. Des mots-clés indiquent les informations complémentaires non informatisées, disponibles dans le dossier (plans de situation, diagraphies...).

#### **\* Informations géologiques**

Quand elle existe, la coupe géologique comprend pour chaque formation traversée, la stratigraphie et la lithologie des niveaux ainsi que par la cote du toit et du mur. Dans certains cas, la coupe est complétée par un code lithostratigraphique local permettant les corrélations automatiques entre sondages.

#### **\* Informations sur les aquifères**

Elles donnent la description des aquifères rencontrés et reconnus lors du sondage. Une codification nationale définit l'aquifère dans son contexte hydrogéologique régional.

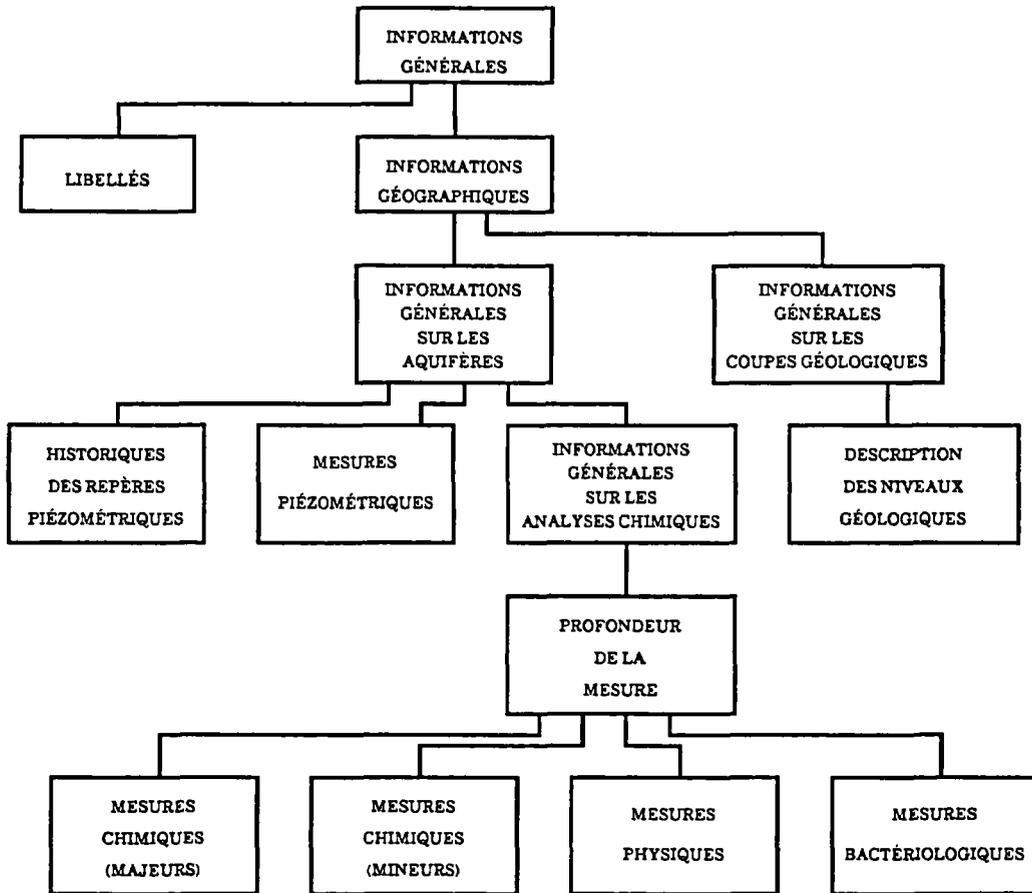
#### **\* Informations piézométriques**

C'est l'ensemble des valeurs des niveaux d'eau observés dans les forages à une date donnée, rapportées à un repère altimétrique de référence, pour un aquifère donné.

#### **\* Informations hydrochimiques**

Elles rassemblent les résultats d'analyses chimiques se rapportant à un aquifère à une date et une profondeur données.

Ces données sont consultables manuellement, dans les archives de la BSS et par voie informatique, pour une grande majorité d'entre elles.



**Figure 1 -** Archivage selon un mode hiérarchique utilisé primitivement pour stocker les données de la Banque du sous-sol

septembre 1974 page

NIVEAUX GÉOLOGIQUES								
NUMERO NATIONAL	NUMERO LOCAL	TYPE COUPE	PROF DEBUT	PROF FIN	STRATIGRAPHIE	LITHOLOGIE		
91837A0020	F	COUPE	00	11.40	IMPRECIS	AVANT-PUITS		
			11.40	12.35	QUATERNAIRE	REMPLAI: INCONNU		
			12.35	29.60	LUTETIEN	AL/CALCAIRE/MARNE/		
			29.60	33.00	CUISIEN	ARGILE, GRIS NOIR		
			33.00	36.40	CUISIEN	SABLE, GRIS NOIR		
		RECEAU RECÉO			00	11.40	IMPRECIS	SABLE, MAPPE DU CUISIEN
					11.40	12.30	QUATERNAIRE	VIDE, AVANT-PUITS, SOUS-SOL
					12.30	29.60	EOCENE-MOYEN	REMPLAI, INCONNU
					29.60	33.00	CUISIEN	CALCAIRE, MARNE, MARNES ET CAILLASSES CALC. GROSSIÈRE
					33.00	36.40	CUISIEN	ARGILE, ARGILE DE LAON
91837A0021	S	COUPE	00	3.40	IMPRECIS	SABLE, SAULE DE CUISE SS)		
			3.40	12.40	QUATERNAIRE	REMPLAI		
			12.40	20.45	LUTETIEN	ALLUV: PRE/SABLE/BLOC, ARRONDIE		
			20.45	23.45	CUISIEN	AL/CALCAIRE/MARNE/		
						SABLE, VERT		

**Figure 2 -** Exemples de la table "NIVEAU" décrivant les horizons géologiques et hydrogéologiques

## 1.1.2 - STRUCTURE DE LA BASE DES DONNEES

Primitivement hiérarchisé (Figure 1), le mode de stockage des données est maintenant relationnel. La base est divisée en une vingtaine de "tables" (tableaux à deux dimensions) décrivant un ouvrage. Ainsi, la table "NIVEAU" contient les informations géologiques relatives à un ouvrage (Figure 2). Certaines informations caractérisées par des mots-clés sont contrôlées par des lexiques. Ces mots-clés apparaissent soit dans les tables générales (cas du mot "région" de la table "DOSSIER" correspondant à la région naturelle dans laquelle est situé le point) soit dans des tables indépendantes (cas par exemple des mots-clés définissant la documentation annexe disponible, table "DOC"). Cette codification externe permet un gain d'espace mémoire important par rapport à celui requis pour le stockage de données décrites en langage non codé.

## 1.2 - INVENTAIRE DES BESOINS FORMULES ET DES MOYENS DISPONIBLES

### 1.2.1 - BESOINS DES UTILISATEURS

Une enquête (Ph. DIFFRE \*, 1988) réalisée auprès des utilisateurs et des agents du BRGM chargés de leur accueil a permis de distinguer trois types de besoins qui peuvent se résoudre en fournissant :

*\* des données factuelles brutes issues directement de la base, par exemple :*

- \* la position géographique ou la nature d'un ouvrage,
- \* l'âge ou la profondeur d'un horizon,
- \* des valeurs piézométriques.

*\* des données factuelles résultant de calculs simples sur les données brutes ou de juxtaposition des informations :*

- \* logs géologiques,
- \* alignement de logs non reliés entre eux,
- \* carte avec pour chaque point, la formation rencontrée à une profondeur choisie.

---

\* Hydrogéologue au service géologique régional "Ile de France". 1989.

*\* des données élaborées, obtenues à partir de traitements plus complexes aboutissant à des interpolations :*

- \* cartes de probabilités de vides,
- \* logs prévisionnels,
- \* cartes d'isovaleurs.

Compte tenu de la vocation du système, certains besoins ont volontairement été abandonnés dans le cadre de ce projet :

- \* les recherches basées sur un mot particulier (tel que "gypse" pour reconnaître les zones ayant des cavités naturelles par exemple),
- \* la troisième catégorie de besoins (donnant des réponses interpolées).

Il convient cependant de rappeler que la structure de la base et de son système de gestion permet, à un utilisateur averti, de résoudre tous les besoins recensés.

Il faut également souligner que toutes les réponses aux questions des utilisateurs peuvent être fournies soit sous forme de tableaux soit sous forme graphique bidimensionnelle. Cette constatation orientera le choix des possibilités offertes par le système GEOPARIS.

## 1.2.2 - CHOIX DES LOGICIELS

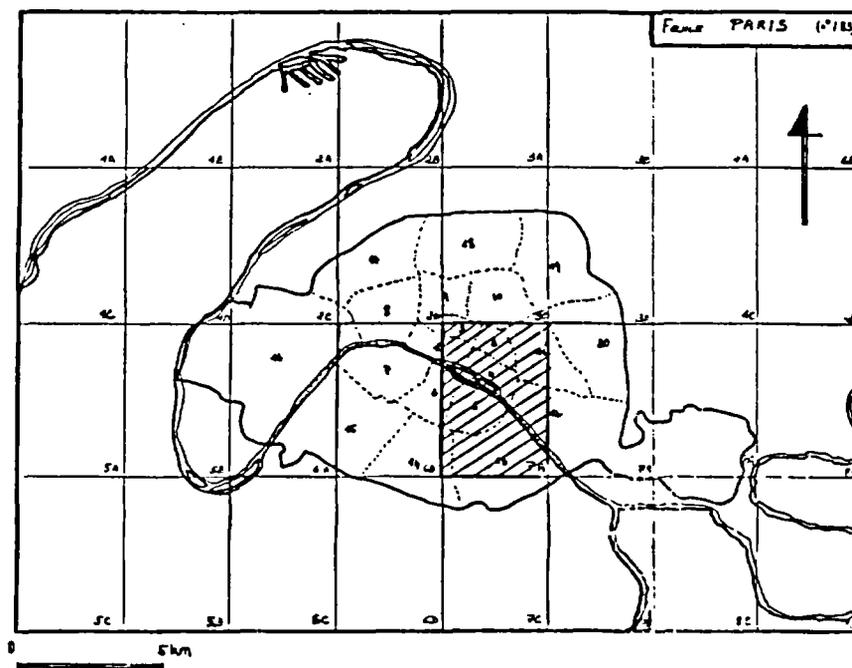
Avant de présenter la façon dont GEOPARIS a été développé, il convient de présenter succinctement les raisons qui ont prévalu dans le choix des systèmes ORACLE ET GDM.

### 1.2.2.1 - Le SGBD relationnel ORACLE

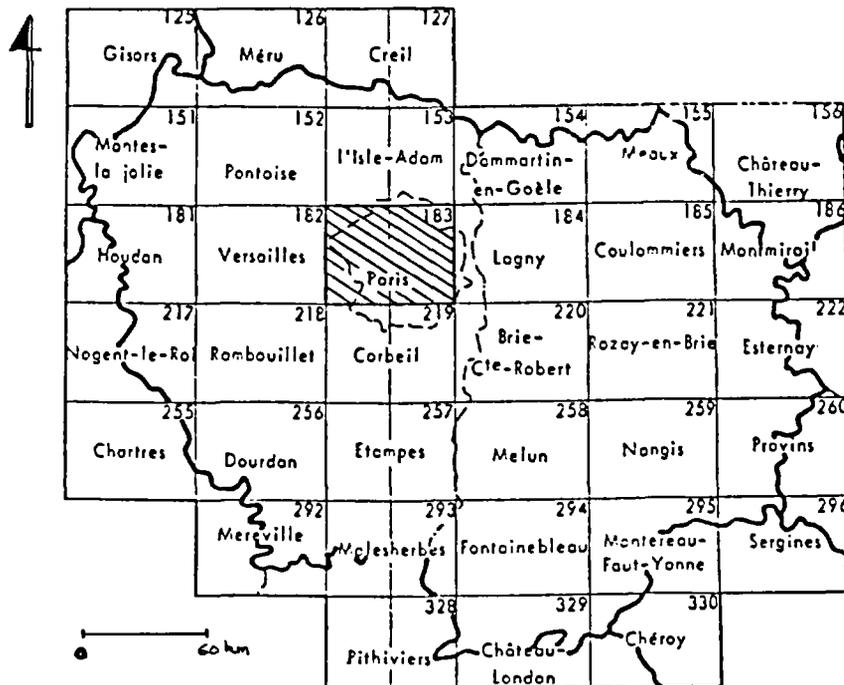
Présenter le SGBD (Système de Gestion de Base de Données) relationnel ORACLE dans son intégralité serait hors de propos. Toutefois, certaines caractéristiques du système méritent que l'on s'y intéresse plus particulièrement (X..., Y..., Z...).

ORACLE est un logiciel du commerce, utilisable sur gros ordinateurs comme sur minis et micros, rassemblés ou non en réseaux. Une seule interface utilisateur standard (SQL : Structured Query Language) suffit entre les utilisateurs et leur machine. Ce langage assure toutes les fonctions vis-à-vis de la base de données (interrogations, manipulations, sécurité d'accès aux informations confidentielles, etc...) et toutes ces fonctionnalités peuvent être intégrées à des programmes écrits en langages conventionnels tels que le FORTRAN, le C ou l'ASSEMBLEUR. Enfin, un ensemble complet d'outils permet le développement d'applications sans programmation.

La simplicité d'utilisation alliée à une puissance et une souplesse de travail font d'ORACLE un système très performant dans la gestion des grandes bases de données telles que la BSS. Ces qualités ont donc tout naturellement amené les concepteurs du projet GEOPARIS à utiliser au maximum les possibilités d'ORACLE pour élaborer le système.



**Figure 3 - Localisation du 32e de feuille "7A" sur la coupure "PARIS" (n° 183)**



**Figure 4 - Localisation de la coupure "PARIS" dans l'assemblage des feuilles couvrant l'Île de France**

### 1.2.2.2 - Le système GDM

Le système de gestion des données géologiques et minières GDM (Geological Data mining Management) est développé au BRGM autour d'un gestionnaire de base de données. Nous donnerons ici ses principales caractéristiques.

Ecrit en FORTRAN 77 et basé sur une structure de fichiers standardisée, GDM est un système modulaire qui lui permet d'être installé sur des types variés d'ordinateurs. Par souci de simplification, on le décrira par deux ensembles. Le premier comprend les programmes de création et de gestion des fichiers à deux niveaux permettant de manipuler les données individuellement ou groupées. Le second comprend les programmes de transformation spécifiques des données de sondage, allant du simple calcul algébrique à l'interpolation géostatistique produisant un modèle. Une large panoplie de programmes graphiques fournit des images bi et tridimensionnelles (X, Y, Z).

Afin de rendre le système plus flexible, les programmes sont aussi indépendants que possible de la structure de stockage des données. Cela est obtenu par une standardisation de la structure du fichier : chacun contient des informations lui permettant d'être reconnu par chaque programme GDM. Enfin, ce système évolue en fonction des besoins des utilisateurs grâce à des modules de développement produisant de nouvelles applications qui s'intègrent in fine à la bibliothèque standard.

En assurant une parfaite gestion, une manipulation aisée, et des représentations graphiques diversifiées des données géologiques caractérisées en particulier par leur position spatiale, GDM apparaît clairement comme le complément indispensable d'ORACLE dans l'élaboration de GEOPARIS dont la finalité est de proposer des visualisations variées des données géologiques et hydrogéologiques de la B.S.S.

### 1.2.3 - CONTRÔLE DE LA QUALITE DES DONNEES

Avant d'entreprendre l'élaboration d'un système dont un des objectifs est de restituer l'information factuelle contenue dans cette banque, il s'est avéré indispensable de contrôler la qualité des données mémorisées. Dans ce but, un programme de vérification a été établi. Une zone à forte densité de renseignements a d'abord été passée au crible. Il s'agit du 32ème de feuille nommé "7A" de la coupure BRGM à l'échelle du 1/50 000 "PARIS" (numéro 183) qui comptait plus de 860 points d'observation sur 15 km<sup>2</sup> (Figure 3). La raison d'un tel choix était de définir un protocole de recherche et de mise à jour des éventuelles données erronées.

La méthode de contrôle s'est appuyée sur les documents originaux et les données mémorisées. A l'aide de questions formulées en SQL, des listes des données qualitatives et quantitatives ont été établies et comparées à l'information originale de chaque dossier.

Au terme de cette première étape, la vérification a été étendue à certains 32ème de la feuille "PARIS" et à des feuilles périphériques en fonction de travaux particuliers menés par le Service Géologique d'Ile de France (Figure 4).

## **1.3 - ELABORATION ET FONCTIONNEMENT DU SYSTEME**

### **1.3.1 - MISE EN ŒUVRE D'ORACLE ET GDM - DEVELOPPEMENTS COMPLEMENTAIRES**

#### **1.3.1.1 - Interfaçage entre ORACLE et GDM**

Les utilisateurs de la BSS mènent généralement leur étude sur les données d'un secteur géographique restreint qu'ils définissent au préalable. Chaque zone ainsi délimitée est caractérisée par des informations qui constituent un sous-ensemble de la BSS et peuvent être considérées comme une microbase de données. Partant de ce constat, les concepteurs du projet ont choisi d'utiliser GDM d'une part pour créer, gérer et manipuler les fichiers contenant ces informations, d'autre part pour les visualiser graphiquement.

C'est ainsi qu'une partie du système GEOPARIS constitue l'interfaçage entre ORACLE et GDM : grâce à des programmes en PRO\*C (B. DELPORTE\*) (intégrant des ordres SQL dans des programmes écrits en langage conventionnel C), la microbase est obtenue sans tenir compte de la façon dont procède ORACLE, qui navigue automatiquement parmi les données pour fournir le résultat. Une seule commande suffit pour manipuler un ensemble de données qui sont placées dans des fichiers directement exploitables par GDM.

#### **1.3.1.2 - Création de nouvelles applications GDM**

GEOPARIS devant assurer quatre fonctions absentes des possibilités standards de GDM, de nouvelles applications ont été développées et intégrées à la bibliothèque des programmes de GDM. Il s'agit de SGPARI qui assure la sélection de points sur des critères géographiques variés, de PIEZO qui traite des données piézométriques, de GEOL qui exploite les informations géologiques et de PLBRIS qui permet le tracé d'un type de profil géologique en long (A. VIAL\*\*).

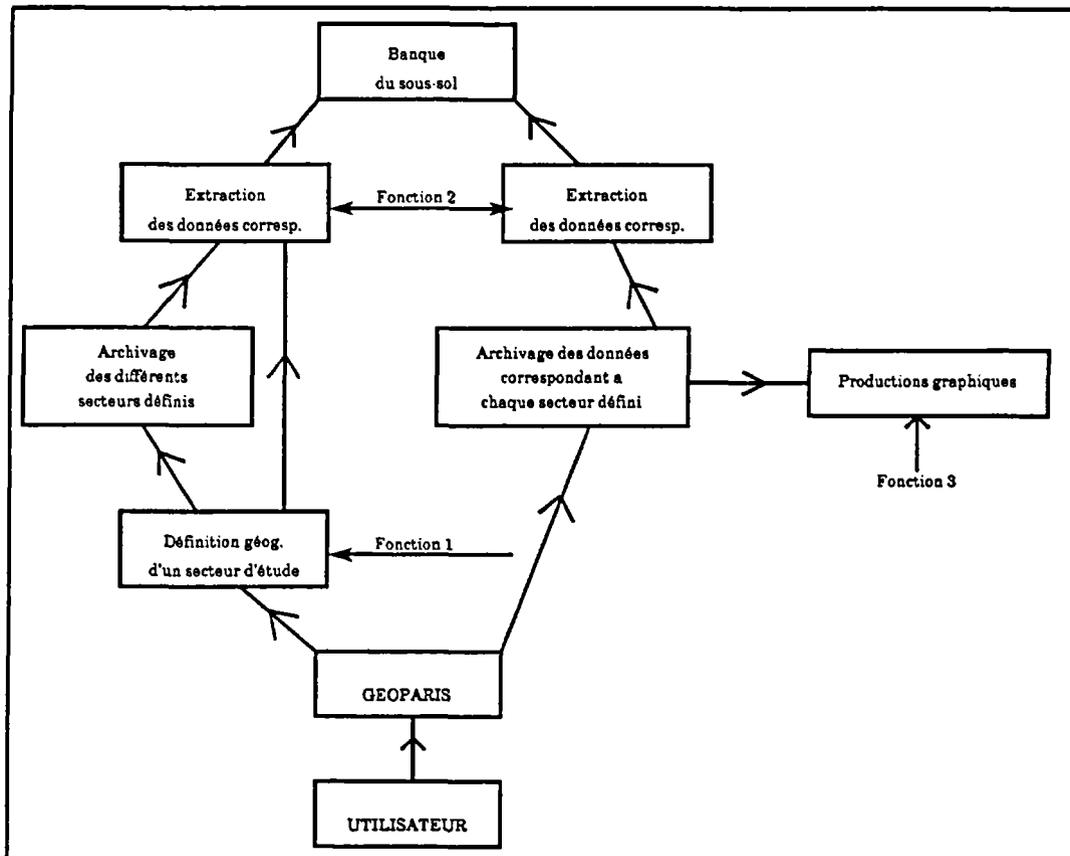
#### **1.3.1.3 - Fonctionnement de GDM en mode "batch"**

Pour fonctionner, les programmes GDM requièrent la saisie de paramètres conditionnant le traitement des données. Dans un travail répétitif, certains de ces paramètres sont constants, mais d'autres sont variables (coordonnées de la fenêtre de visualisation, échelle de profondeur...) en fonction des besoins de l'opérateur. GDM peut être

---

\* B. DELPORTE, ingénieur au département SGN/DIG en 1989.

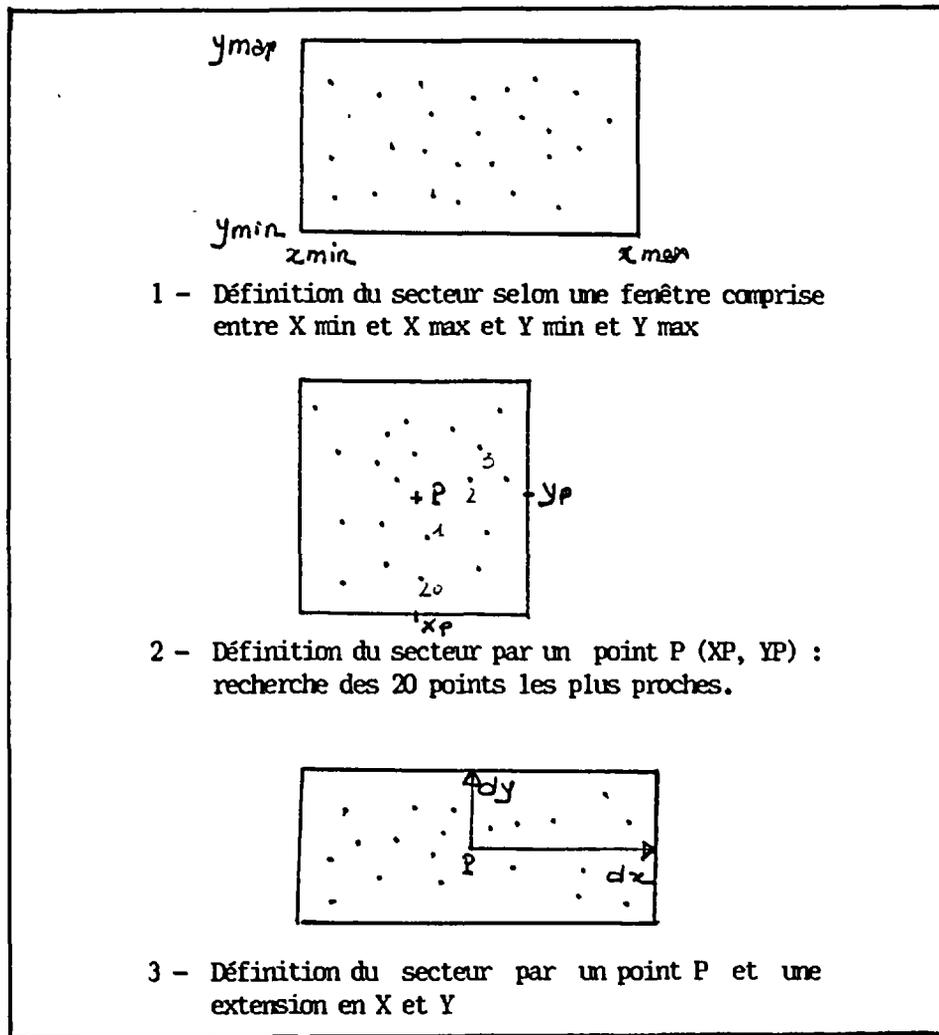
\*\* A. VIAL, ingénieur au département DT/ISA en 1989.



**Figure 5 - Fonctionnement du système GEOPARIS**

Identificateurs	X	Y	Z	prof	piez	geol
01536X0219DS	596.53	140.96	41.71	18.00	1	1
01536X0220D4	596.74	140.79	50.55	24.00	1	1
01536X0225D10	596.96	140.85	45.37	21.50	1	1
01536X0229D2	596.60	140.76	46.21	25.00	0	1
01536X0232D5	596.69	140.70	50.98	30.45	0	1
01536X0207SP3	596.75	141.08	40.60	4.50	1	1
01536X0226D11	596.55	141.14	43.10	35.00	1	0

**Figure 6 - Extrait de la base localisatrice**



**Figure 7 -** Les différents moyens de définir un secteur d'étude sur des critères géographiques

Identificateurs	piez	geol
01536X0220D4	1	0
01536X0225D10	1	0
01536X0229C2	1	0
01536X0232C5	1	0
01536X0207SP3	1	0
01536X0226D11	1	0

**Figure 8 -** Extrait du fichier extrait de la base localisatrice, correspondant aux données disponibles sur un secteur défini par l'opérateur

être utilisé soit en mode interactif, soit en mode "batch". Dans ce cas, les données saisies lors du dialogue entre l'opérateur et le système sont mémorisées dans un fichier "de commandes". Quand un programme est associé au fichier de commandes correspondant il s'exécute automatiquement avec une interruption lorsque des variables doivent être entrées. Tous les modules de GDM appelés dans GEOPARIS font appel à ce mode pour éviter au maximum à l'utilisateur d'avoir à fournir des réponses au système.

### 1.3.2 - FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

L'analyse des questions posées par les utilisateurs de la BSS a révélé que la démarche intellectuelle suivie dans une recherche de renseignement se décompose en trois étapes :

- 1 - Délimitation de la zone sur laquelle des documents sont recherchés,
- 2 - Sélection des dossiers correspondant aux numéros repérés sur la zone (Figure 5),
- 3 - Analyse des documents et discussion.

Le fonctionnement du système s'articule donc autour de trois fonctions principales reproduisant cette démarche de l'utilisateur (Figure 5) et qui sont décrites ci-dessous.

#### 1.3.2.1 - Choix de la zone géographique

L'analyse visuelle de cartes d'implantation des ouvrages, dont les dossiers sont archivés dans la banque, permet à l'utilisateur de connaître rapidement la densité d'informations disponibles dans le secteur qu'il étudie. Avec GEOPARIS, cette recherche est réalisée sur la base localisatrice. Ce fichier est produit par un des programmes en Pro\*C mentionné plus haut, il contient pour chaque point d'observation les identificateurs, les coordonnées Lambert, la profondeur de l'ouvrage ainsi que deux témoins de la présence de données géologiques et hydrogéologiques (Figure 6). Il constitue donc une image des ouvrages disponibles pointés sur les cartes topographiques et il indique le type de données mémorisées. Ce fichier séquentiel est mis au format GDM donnant deux fichiers binaires.

L'opérateur, à l'aide de menus déroulants, sélectionne en fonction de ses besoins (géologiques et/ou hydrogéologiques) et éventuellement de l'intervalle de profondeur d'investigation désiré, la zone d'étude qui peut être comprise soit (Figure 7) :

- dans une fenêtre dont il fixe les limites,
- autour d'un point P qu'il définit par ses coordonnées,
- autour d'un point P avec une extension déterminée en X et en Y.

A la fin de cette sélection, un fichier général binaire est généré. C'est un sous-ensemble de la base localisatrice (Figure 8).

### **1.3.2.2 - Extraction et préparation des données**

Le fichier général binaire est remis sous forme séquentielle et lu par le programme en "Pro\*C" qui extrait les données relatives aux ouvrages inventoriés dans la base de données. Les fichiers thématiques (géologie et/ou piézométrie) séquentiels résultants eux-mêmes convertis ensuite en bases binaires GDM "principales". Cette étape se déroule sans intervention de l'opérateur.

### **1.3.2.3 - Productions graphiques**

Les bases thématiques binaires sont exploitées par les modules GDM pour être soit visualisées directement, soit traitées pour donner des bases thématiques binaires secondaires elles-mêmes visualisées ensuite. Ainsi par exemple, la carte des mesures les plus récentes pour chaque point est-elle obtenue à partir de la base principale tandis que la courbe piézométrique d'un ouvrage est obtenue après traitement de ladite base.

Les fichiers binaires (f. général, f. thématiques principaux) sont archivés et réutilisables à tout moment pour revenir sur une étude antérieure.

## **1.4 - ASPECT FORMEL DU SYSTEME - MATERIEL**

### **1.4.1 - ASPECT FORMEL DU SYSTEME**

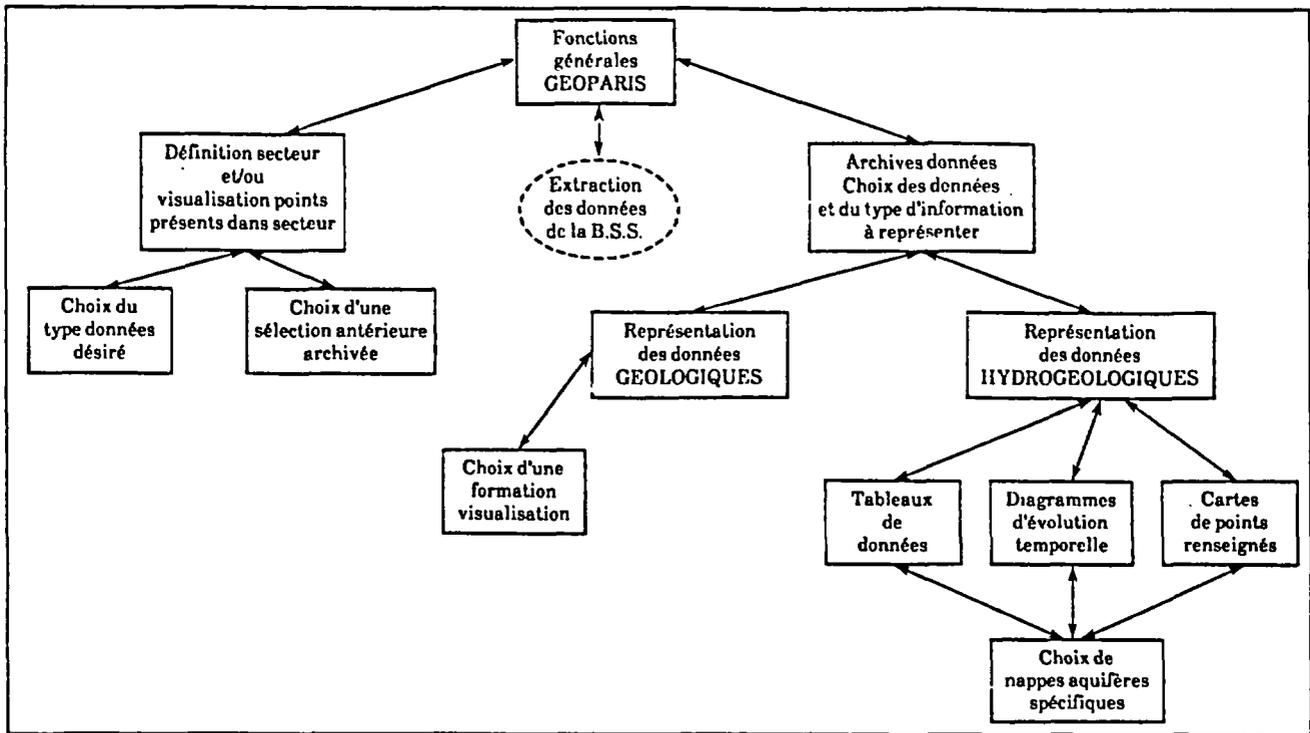
GEOPARIS apparaît comme un ensemble d'écrans-menus en couleur, ayant le même aspect, caractérisant l'image de marque du produit.

Chaque écran propose à l'utilisateur le choix entre différentes fonctions. Ils ont été réalisés à l'aide du logiciel Screen Sculptor et s'enchaînent automatiquement. Suivant l'option choisie, l'écran dirige sur un autre écran ou sur un programme d'application graphique GDM (Figure 9a, b).

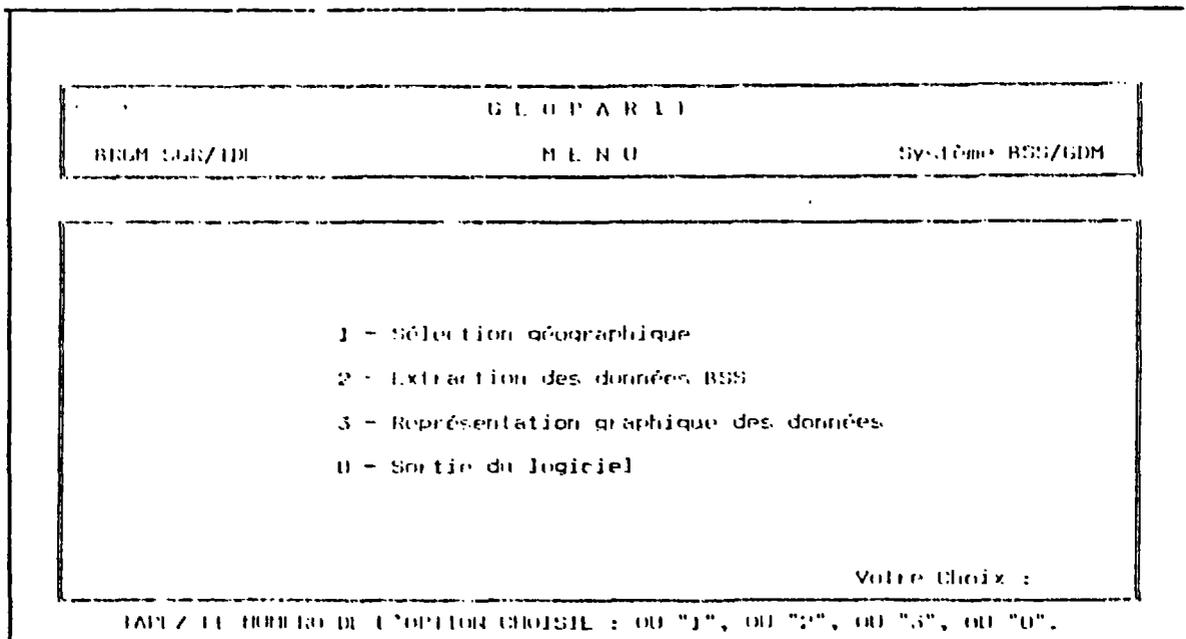
Des messages d'aide apparaissent en bas de l'écran quand l'option choisie correspond à une fausse manœuvre de l'opérateur. Ainsi le message "VISUALISATION IMPOSSIBLE, DONNEES NON EXTRAITES" s'inscrit-il quand l'opérateur veut visualiser les données d'un fichier thématique alors que l'extraction des informations n'a pas été réalisée.

### **1.4.2 - MATERIEL**

Primitivement mis en œuvre sur un micro-ordinateur de type PC/AT (60 Mo de mémoire sur disque, 1.6 Mo de mémoire vive, fréquence 8 MHz) le système n'opérait que sur une portion de la base. Les essais concluants ont conduit à l'installation sur du matériel de type 386 (300 Mo de mémoire sur disque, 2 Mo de mémoire vive, fréquence 25 MHz) dont la capacité permet le stockage de toute la BSS de l'île de France ainsi que l'installation à demeure de GDM, des utilitaires d'ORACLE, du système GEOPARIS et des autres logiciels nécessaires à l'utilisation du matériel.



**Figure 9a - Enchaînement des écrans-menus**



**Figure 9b - Exemple d'écran-menu**

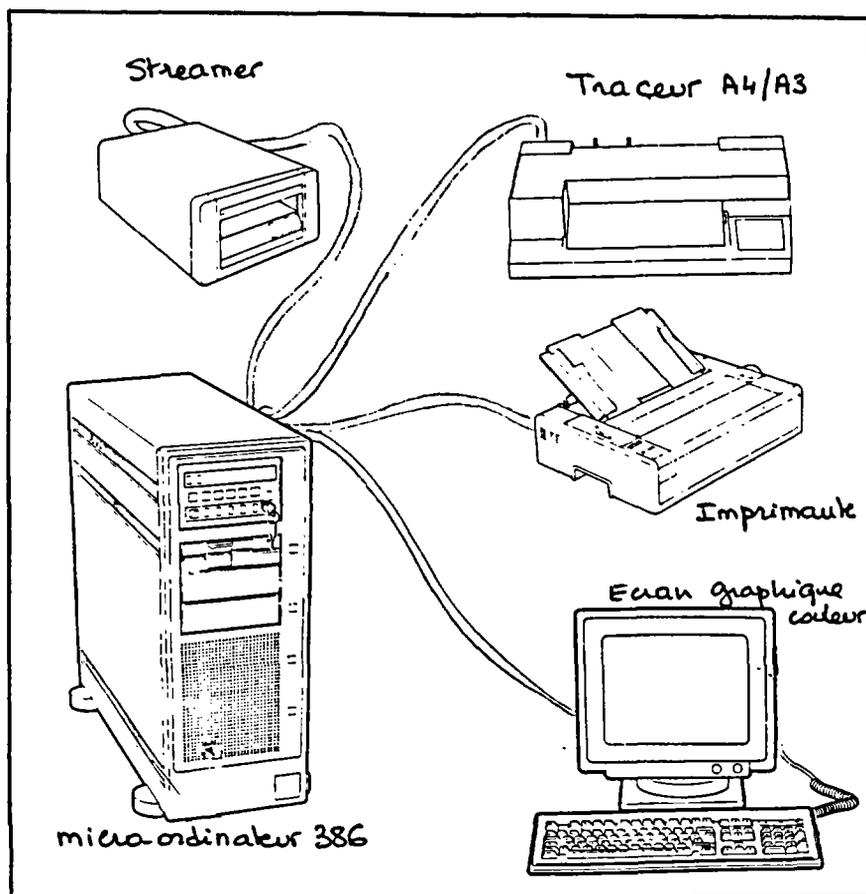
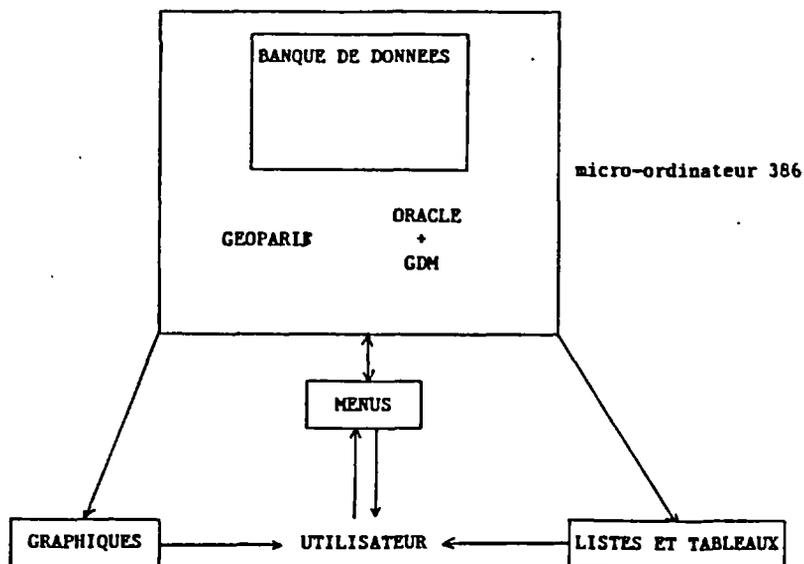


Figure 10 - Matériel utilisé : périphériques nécessaires

Les périphériques sont (figure 10) :

- un écran graphique couleur
- un traceur (format A4/A3), à 6 plumes,
- une imprimante,
- un streamer assurant les sauvegardes du disque dur.

## 1.5 - RESULTATS

La mise en œuvre de GEOPARIS a nécessité un contrôle important des données détenues dans la base (Ph. DIFFRE) avant de pouvoir profiter pleinement des possibilités offertes par le système.

### 1.5.1 - CONTROLE DES DONNEES

La BSS, informatisée depuis 1967, a subi une modification dans son mode de gestion et deux systèmes se sont succédés. Le premier fut un logiciel BRGM basé sur une centralisation des tâches de gestion. Il a été utilisé jusqu'en 1987. Depuis, ORACLE permet de décentraliser plusieurs fonctions (saisie, mise à jour, interrogation).

La vérification des données sur la zone test "7A" a révélé de nombreuses erreurs dans la base. Un premier groupe est imputable au mode de saisie anciennement utilisé : en effet, avant d'être ramenée à deux étapes, la procédure de saisie consistait en une transcription des informations des documents d'origine sur le bordereau de saisie manuscrit, puis ce bordereau était dactylographié, enfin cet exemplaire était mémorisé par l'intermédiaire des grilles de saisies ; soit autant d'étapes "lecture/écriture" propices à générer des erreurs. Depuis l'installation d'ORACLE en local, le bordereau dactylographié n'est plus nécessaire et la mémorisation se fait directement à partir des documents manuscrits réduisant les possibilités d'erreurs.

On trouve dans ce groupe aussi bien les inversions de caractères que les lacunes d'information ou les fautes d'orthographe. Citons, pour les coordonnées, la transformation de la valeur  $X = 604.67$  en  $X = 640.67$  ou dans les codes stratigraphiques : l'inversion de BDP2112 (codant les Marnes Bleues d'Argenteuil) en BPD2112 ou (ce qui est plus grave) en BDP2121 (codant la Première Masse du Gypse).

Le deuxième groupe est constitué par les erreurs d'interprétation des documents. Cela concerne l'implantation des ouvrages disponibles sur les cartes topographiques (mauvaise implantation ou mauvaise transcription des coordonnées correspondantes) et la confusion entre deux formations géologiques ou l'attribution d'un niveau d'eau au mauvais horizon aquifère. Ces données qualitatives étant saisies sous forme codée, l'erreur se répercute sur la codification mémorisée qui peut elle-même être entachée d'erreurs de saisie.

Les corrections ont donc porté sur la conformité :

- des coordonnées Lambert,
- de la profondeur de l'ouvrage,
- de l'adresse de l'ouvrage par rapport à l'implantation faite sur la carte topographique,
- de la description des niveaux géologiques et piézométriques par rapport aux observations de terrain,
- des codifications correspondant aux niveaux décrits ci-dessus,
- des descriptions des repères piézométriques,
- des mesures piézométriques enregistrées.

Au terme de 13 mois de corrections, les 32èmes "7A, 7B, 7C, 7D, 6C, 6D" ainsi qu'une partie de la feuille "L'Isle Adam" (numéro BRGM 153) étaient révisés et utilisables pour toutes les applications de GEOPARIS offrant ainsi de nombreuses possibilités de visualisation de l'information contenue dans la BSS.

Il ressort de cette étude que 7% des points contrôlés présentaient une erreur sur les coordonnées et que 30% des dossiers ont été affectés par une correction ou un ajout de données.

Une importante campagne de collecte de nouveaux dossiers a été menée parallèlement augmentant de manière sensible le nombre de dossiers en banque.

## **1.5.2 - POSSIBILITES OFFERTES PAR LE SYSTEME**

Les données incluses dans la banque, peuvent être restituées sous forme de tableaux, ou de graphiques.

Les sorties en tableaux sont présentées sous une forme préétablie à l'aide de SQL, les sorties graphiques sont variées, selon le type d'informations retenu.

### **1.5.2.1 - Informations géologiques**

Elles sont présentées sous forme de :

- coupe géologique pour chaque ouvrage,
- profil géologique selon une ligne brisée avec projection des données situées de part et d'autre de cette ligne, dans une bande dont l'utilisateur fixe à son gré la largeur,
- carte d'implantation des points disponibles renseignés par :
  - . la cote, le mur ou l'épaisseur d'une formation choisie par l'utilisateur,
  - . la nature de la formation intersectée à une profondeur ou à une cote donnée,
  - . la nature des trois premières formations intersectées lors de la réalisation de l'ouvrage.

### 1.5.2.2 - Informations hydrogéologiques

Elles concernent essentiellement les mesures piézométriques et sont des synthèses des variations des niveaux d'eau au cours du temps. Elles sont les suivantes :

- Cartes des points renseignés par :
  - . la dernière mesure mémorisée, tous aquifères confondus,
  - . la dernière mesure pour un aquifère donné,
  - . les deux cartes citées ci-dessus pour une période particulière,
  - . la carte des amplitudes maximales observées,
  - . le niveau le plus haut.
  
- Diagrammes d'évolution :
  - . graphique de la fréquence des mesures, pour tous les ouvrages, pour un ou tous les aquifères reconnus,
  - . graphique de la dernière mesure effectuée au cours du temps, pour chaque point,
  - . graphique de toutes les mesures observées au cours du temps,
  - . graphique des cotes observées par année,
  - . courbe piézométrique pour un ouvrage choisi.

## **2 - METHODOLOGIE D'INTERROGATION A L'AIDE DE GEOPARIS**

### **2.1 - LES ETUDES REALISABLES A L'AIDE DE GEOPARIS**

Dans la majeure partie des cas, avant d'entreprendre des travaux sur un secteur, une étude des données archivées en BSS doit être faite pour permettre une connaissance du contexte géologique et hydrogéologique environnant. En effet, les aménagements du sous-sol posent des problèmes tant au niveau de l'occupation de l'espace souterrain qu'au niveau des répercussions sur les ouvrages avoisinants. Par ailleurs, ils peuvent avoir un impact considérable sur le milieu lui-même. GEOPARIS est tout à fait approprié pour obtenir rapidement et de façon exhaustive les données disponibles archivées en banque.

#### **2.1.1 - PRESENTATION D'UN EXEMPLE D'APPLICATION DE GEOPARIS**

Afin de répondre à une étude demandée par la municipalité d'Enghien-les-Bains (Val d'Oise) une analyse de l'information contenue dans la BSS et concernant la région englobant cette ville a été effectuée pour mieux connaître le contexte hydrogéologique du bassin d'alimentation de la nappe hydrominérale reconnue dans ce secteur.

Cette nappe, sulfureuse, s'étend sur une surface contenue dans un carré de 10 km de côté. Une grande densité d'informations est disponible dans le secteur en raison des études déjà réalisées (CAMPINCHI... ; Y...) Les points d'observations sont répartis sur deux huitièmes (5X et 6X) de la feuille "L'Isle-Adam" (numéro BRGM 153) totalisant 550 dossiers (Figure 11). Nous avons donc utilisé GEOPARIS. Nous présentons ici la variété des sorties graphiques sans commenter les conclusions déduites. Celles-ci ont en effet été établies à l'aide de visualisations graphiques consultées uniquement à l'écran lors de l'étude et trop nombreuses pour être toutes reproduites et analysées ici.

#### **2.1.2 - PREPARATION DES DONNEES**

Lors de la réalisation de l'étude sur le secteur d'Enghien-les-Bains, le programme d'actualisation des données de la BSS était en cours sur la feuille "Paris". Afin de pouvoir traiter ce cas, nous y avons donc intégré la partie de la base concernant les deux huitièmes 5X et 6X. Ils ont été vérifiés et complétés par des informations non encore mémorisées (en particulier des données piézométriques et des sondages nouveaux réalisés dans le secteur.

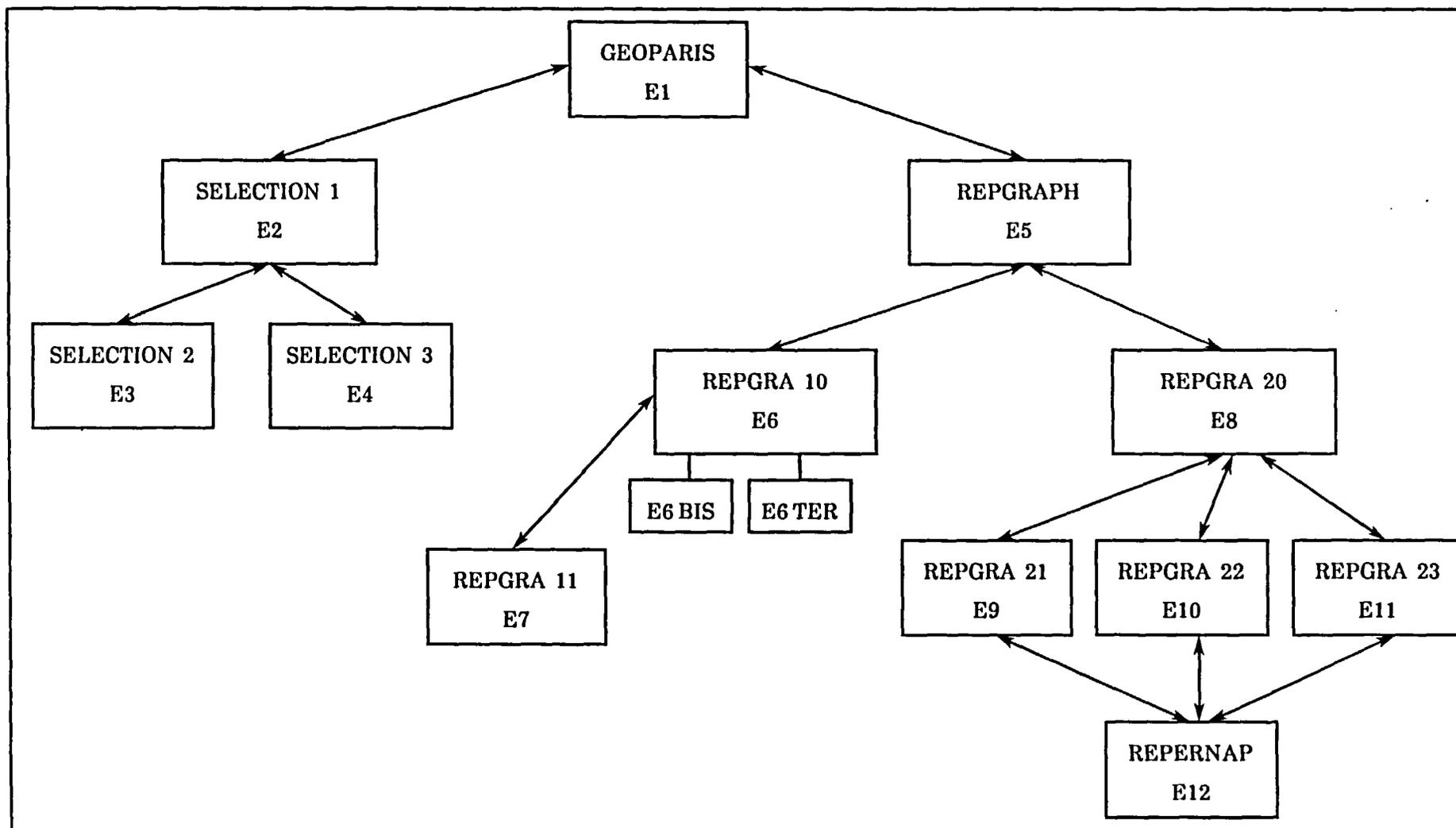


Figure 12 - Enchaînement des menus d'options selon leur nom

## **2.2 - MISE EN ŒUVRE DE GEOPARIS**

Les trois étapes logiques du fonctionnement sont les suivantes :

- délimitation du secteur à étudier,
- extraction, de la BSS, des données concernant ce secteur,
- représentation sous formes graphiques de ces données.

Des messages d'aide guident le travail en permanence pour éviter les erreurs et indiquent à l'opérateur à quel stade des opérations il se trouve. Ceci est très utile en particulier, s'il est contraint d'interrompre son interrogation avant la fin. Dès la reprise du travail, il saura immédiatement lesquelles des trois étapes principales citées ci-dessus ont été effectivement exécutées et il pourra enchaîner la suite sans perdre de temps.

Un écran initial propose les trois options principales citées ci-dessus à partir desquelles le système enchaîne sur les écrans suivants (Figure 12).

### **2.2.1 - SELECTION GEOGRAPHIQUE (Option 1 de l'écran E1)**

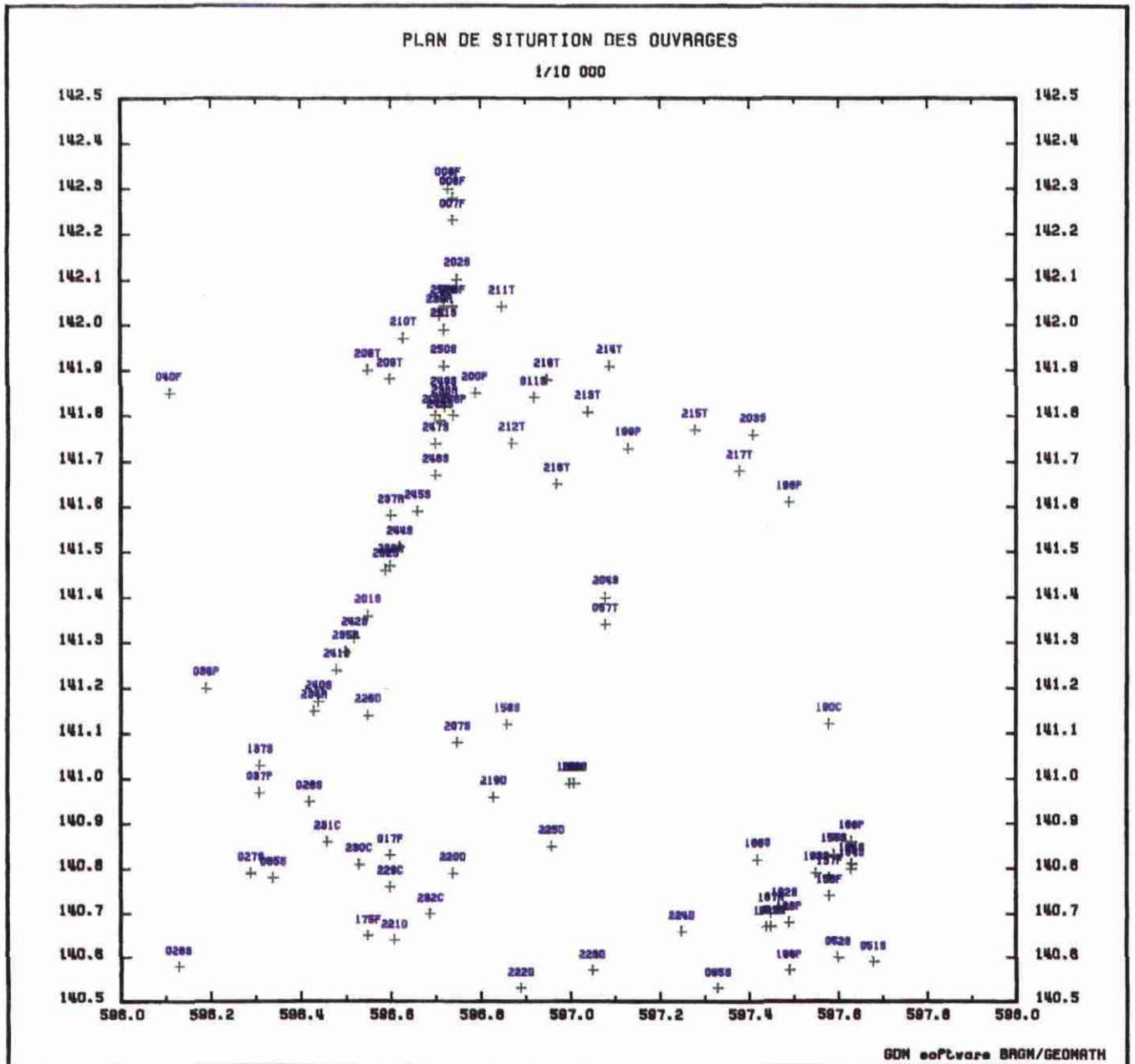
Cinq options sont disponibles :

- Choix du type d'informations à utiliser,
- Délimitation géographique du secteur à étudier,
- Carte des points disponibles dans un secteur d'étude,
- Liste des points disponibles dans un secteur d'étude,
- Consultation de sélections antérieures.

#### **2.2.1.1 - Sélection du type d'information à utiliser (Option 1 du E2 : affiche E3)**

Grâce à cet écran (qui donne le choix entre trois options : 1 = GEOL, 2 = EAU, 3 = GEOL + EAU) l'utilisateur précise le type de données sur lequel il désire travailler. Le passage par cette sélection n'est pas obligatoire. Par défaut, c'est l'option 3 qui est prise en compte.

Figure 14 - Agrandissement du secteur du Lac d'Engien



**Figure 15 - Extrait du tableau de points disponibles sur le secteur étudié**

INDICE	XXXX	YYYY	ZZZZ	PROF	PIE	GEO
01536X0036P1	596.190	141.200	52.000	25.950	1	0
01536X0137S7	596.310	141.030	48.500	33.000	1	1
01536X0234R1	596.430	141.150	45.160	15.300	1	1
01536X0240S2	596.440	141.170	45.390	53.400	0	1
01536X0241S3	596.480	141.240	44.260	18.000	0	1
01536X0158S1	596.860	141.120	40.830	21.500	0	1
01536X0201S5	596.550	141.360	43.250	18.000	1	1
01536X0207SP3	596.750	141.080	40.800	4.500	1	1
01536X0226D11	596.550	141.140	43.100	35.000	1	1
01536X0235R2	596.500	141.280	43.830	13.730	1	1
01536X0236R3	596.600	141.470	42.620	12.240	1	1
01536X0242S4	596.515	141.310	43.680	18.000	0	1
01536X0262S6	596.590	141.455	42.560	44.800	0	1
01536X0057TX8	597.080	141.340	42.000	11.000	1	1
01536X0204SC19	597.080	141.400	39.820	16.000	1	1
01536X0190C0Q111	597.580	141.120	42.300	11.400	1	1
01536X0020S1	598.830	141.430	44.000	10.000	1	0
01536X0021S2	598.810	141.370	44.000	10.000	1	0
01536X0023S3	598.810	141.300	44.000	10.000	1	0
01536X0024S4	598.800	141.310	44.000	14.000	1	0
01535X0142S17564	590.420	141.500	80.000	12.100	1	1
01535X015310363	592.950	141.690	68.850	35.100	1	1
01535X015410365	592.990	141.970	64.150	20.600	0	1
01536X0227D12	595.130	141.820	45.220	20.000	1	0
01536X0014S3	595.800	141.600	50.000	15.000	1	0
01536X0039F2	595.830	141.750	41.000	14.200	1	0
01536X0040F2	596.110	141.850	40.000	20.760	1	0
01536X0011S1	596.920	141.840	40.000	15.000	1	0
01536X0200PT3	596.790	141.850	41.270	8.910	1	1
01536X0205PF6	596.700	141.800	40.970	12.000	1	1
01536X0206PF7	596.740	141.800	40.870	12.000	1	1
01536X0208T2	596.550	141.900	41.120	3.000	1	1
01536X0209T5	596.600	141.880	40.320	4.000	1	1
01536X0210T6	596.630	141.970	40.560	4.150	1	1
01536X0212T10	596.870	141.740	40.000	3.000	1	1
01536X0216T14	596.970	141.650	40.450	3.000	1	1
01536X0218T17	596.950	141.880	40.000	4.350	1	1
01536X0237R4	596.600	141.580	41.220	10.820	1	1
01536X0238R5	596.720	141.820	41.160	11.000	1	1
01536X0244S7	596.620	141.510	42.050	16.000	0	1
01536X0245S8	596.660	141.585	41.620	15.000	0	1

### 2.2.1.2 - Délimitation géographique du secteur à étudier (Option 2 de E2 : active GDM)

Créé spécifiquement pour GEOPARIS, le module GDM "SGPARI" permet de sélectionner, parmi tous les ouvrages répertoriés dans la BSS d'Ile-de-France (18 000), ceux d'un secteur restreint. L'utilisateur doit donner un nom à l'étude qu'il entreprend, préciser le mode de recherche des données sur le secteur, et fournir les paramètres requis. A chaque fois que le système demande des coordonnées, des valeurs par défaut sont proposées dans le cas où l'opérateur ne sait pas lesquelles indiquer (Figure 3).

Dans notre exemple, l'étude a été baptisée "ENGHIEN" et la recherche a été faite selon une fenêtre de 10 km par 10 km comprise entre  $X1 = 590$  et  $X2 = 600$  et  $Y1 = 140$  et  $Y2 = 150$  sans restriction sur la profondeur des ouvrages et concernait les deux types de données (géologie et eau). Satisfaits des résultats obtenus nous avons "réalisé" la sélection. Le "fichier général", sous-ensemble de la Base Localisatrice ainsi constitué, pilotant les extractions des données correspondantes. Dans le cas où les statistiques obtenues n'auraient pas convenu, nous pouvions à volonté modifier le mode de sélection ou les paramètres fournis. Si les résultats ne satisfont jamais à la requête, il est possible de quitter le module SGPARI sans constituer de fichier.

### 2.2.1.3 - Carte et liste des points disponibles sur le secteur

#### *1° Carte des points (Option 3 de E2 : active GDM)*

L'affichage des différentes cartes proposées par le système se faisant selon le même procédé, nous ne détaillerons longuement le protocole qu'ici. Pour afficher une carte de points il faut indiquer les limites de la fenêtre de visualisation (X et Y minimal et maximal) qui peuvent être différentes de celles fixées pour la délimitation du secteur (permettant ainsi des focalisations sur des zones particulières) ; il faut également fournir l'échelle souhaitée et la nature du support graphique. A l'écran, le système adapte les paramètres pour optimiser le confort de visualisation, sur traceur les reproductions sont à l'échelle demandée.

Dans le cas de l'étude "ENGHIEN" nous avons fourni les mêmes valeurs, fixé l'échelle à 1/50 000 et sorti le tracé sur papier (Figure 13). L'abondance de points renseignés autour du lac nous a incité à redemander un tracé entre  $X_{min} = 596$  et  $X_{max} = 598$  et entre  $Y_{min} = 140,5$  et  $Y_{max} = 142,5$  avec une échelle à 1/10 000 (Figure 14).

#### *2° Liste des points (Option 4 de E2 : active GDM)*

La liste est obtenue en tableau (Figure 15) en précisant simplement si on la désire à l'écran ou à l'imprimante.

#### **2.2.1.4 - Consultation de sélections antérieures (Option 5 de E2 : affiche E4)**

Par cette option, l'opérateur peut consulter la liste des sélections géographiques réalisées antérieurement ainsi que celle qu'il vient d'achever. Pour tous les noms affichés, il est possible de réutiliser les options 3 et 4 pour visualiser les données disponibles.

#### **2.2.2 - EXTRACTION DES DONNEES CONTENUES DANS LA BSS (Option 2 de E1)**

Par ce choix, l'opérateur lance l'exécution des programmes de recherche des données dans la base, suivi du traitement de celles-ci par GDM. Deux des nouveaux modules créés pour GEOPARIS sont utilisés ici. Il s'agit de "GEOL" et de "PIEZO" qui effectuent des traitements particuliers des données correspondantes. Comme nous l'avons indiqué en présentant le système, ces opérations sont guidées par le fichier général constitué lors de la sélection géographique.

#### **2.2.3 - REPRESENTATIONS GRAPHIQUES (Option 3 de E1 : affiche E5)**

L'écran qui s'affiche rassemble les noms des secteurs étudiés pour lesquels l'extraction des données a eu lieu. Est également rappelée la nature des données disponibles correspondant aux souhaits exprimés par l'opérateur.

La visualisation des données géologiques se fait par l'intermédiaire de 8 options principales (plus quatre secondaires). Pour les données hydrogéologiques, 3 options principales (tableaux, diagrammes, cartes) sont décomposées en 16 options secondaires soit un total de 27 possibilités de représentation des données. Nous citerons les caractéristiques principales de chacune d'entre elles.

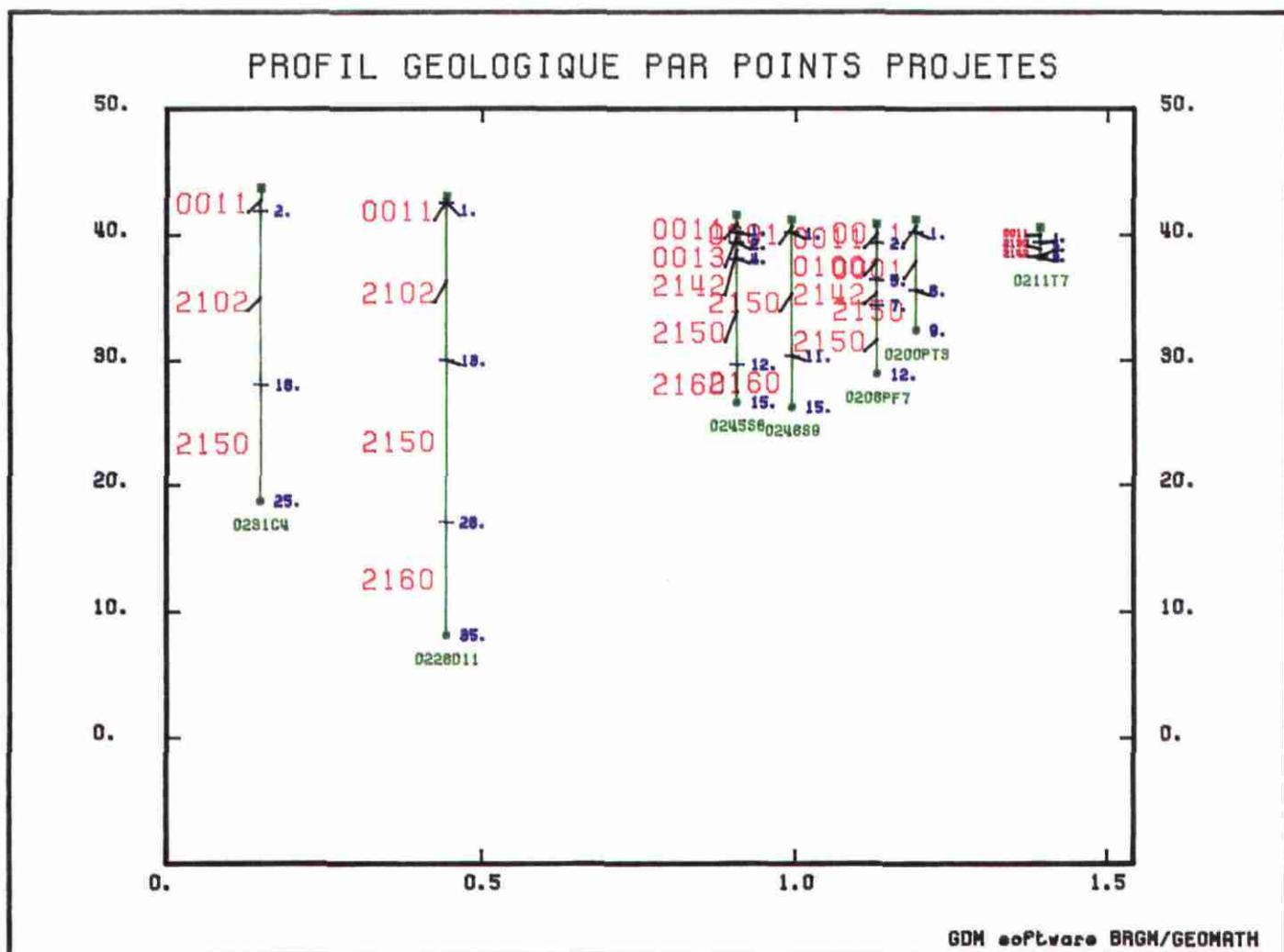
##### **2.2.3.1 - Représentation des données géologiques**

Option "GEOL" de E5 : affiche E6 qui propose huit options :

- Logs géologiques,
- Carte de localisation des points,
- Profil entre deux points,
- Profil entre n points non alignés,
- Étude d'une formation géologique particulière,
- Carte des formations à une cote donnée,
- Carte des formations à une profondeur donnée,
- Carte des trois premières formations rencontrées dans chaque ouvrage.

B. R. G. M				
Localisation		GEOPARIS		Coordonnées
Sondage		014510612		X = 894.720 Y = 140.310 Z = 83.590
Rapport				Inclinaison initiale :
Appendice				Direction initiale :
Log fait le		par		Echelle 1 : 5
PROF	EPAIS	COTE	FORMATION	DESCRIPTION
0.80	0.80	62.78	QUATERNAIRE	COLLUV. TERRE, SABLE
1.80	1.00	61.78		MARNE, MARNES D'ENTRE DEUX MASSES
	6.60			GYPSE, MARNE, DEUXIEME MASSE
8.40	4.10	55.19	LUDIEN	MARNE, GYPSE, MARNES A LUCINES
12.50	2.60	51.09		GYPSE, TROISIEME MASSE
15.10	1.40	48.49		MARNE, MARNES A PHOLADOMIES
16.50	1.40	47.09		GYPSE, QUATRIEME MASSE
17.90	3.40	45.69		SABLE, ARGILE, GRES, SABLES DE MONCEAU
21.30	10.20	42.29	MARINESIEN	MARNE, CALCAIRE, CALCAIRE DE SAINT-OUEN
31.50	17.50	32.09	AUVERSIEN	GRES, SABLE, ARGILE, SABLES DE BEUCHAMP
49.00	19.50	14.59	LUTETIEN-SUP	MARNE, CALCAIRE, MARNES ET CAILLASSES
68.50	2.00	-4.91	LUTETIEN-INF	CALCAIRE, SABLE, CALCAIRE GROSSIER
70.50		-6.91		

Figure 16 - Log géologique



**Figure 17a - Tracé d'un profil selon 1 ligne brisée**

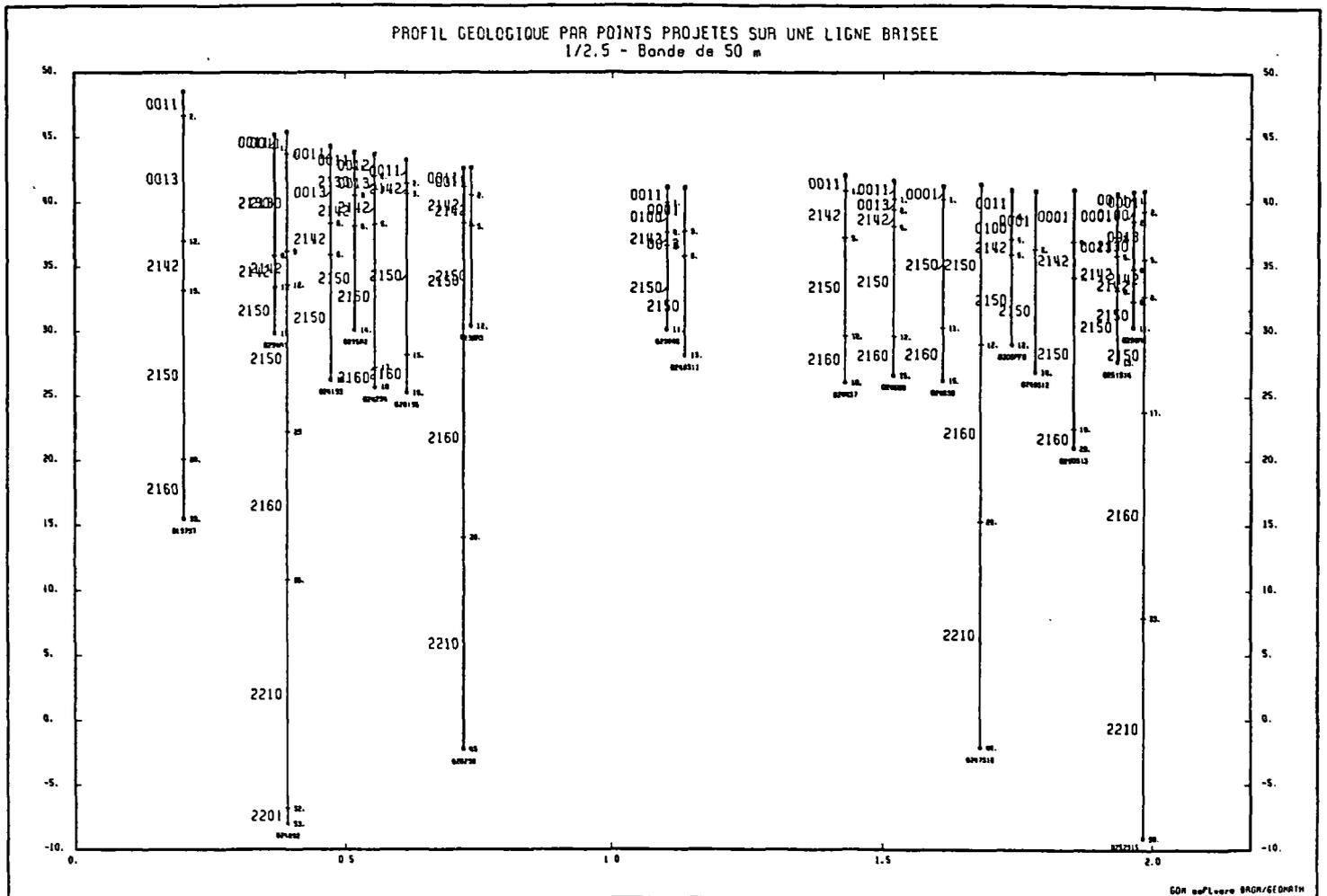


Figure 17b - Tracé d'un profil selon 1 ligne brisée

### *Option 1 de E6 : tracé de logs géologiques*

Pour tout ouvrage disposant d'une coupe géologique codée, un log est tracé. Il suffit d'indiquer son indice et l'échelle verticale souhaitée (Figure 16).

### *Option 2 de E6 : tracé d'une carte de localisation de points*

Tous les ouvrages sont pointés et repérés par leur indice sur une carte à l'échelle désirée (voir paragraphe 2.2.1.3).

### *Option 3 de E6 : tracé d'une coupe entre deux points*

En indiquant les coordonnées des deux extrémités du tracé ainsi qu'une extension latérale de part et d'autre, le système réalise une coupe avec projection perpendiculairement à celui-ci des logs géologiques des ouvrages compris dans la bande, à l'échelle désirée. Les formations sont représentées par leur code descriptif.

### *Option 4 de E6 : tracé d'une coupe entre n points selon une ligne brisée*

Le principe est le même que pour l'option 3. Un module créé pour GEOPARIS: "PLBRIS" est cependant utilisé pour intégrer les n couples de coordonnées  $n \leq 100$  et tenir compte des angles faits par le tracé pour réaliser la coupe géologique (Figures 17a et 17b).

### *Option 5 de E6 : étude d'une formation géologique particulière (affiche E7 qui offre trois étapes).*

Par cette option, l'opérateur procède en 3 étapes successives pour étudier une formation géologique particulière. Il suffit d'indiquer le code correspondant (étape 1). Le système propose alors un tableau récapitulant épaisseur et cotes du toit et du mur de la formation chaque fois que le code est rencontré dans la description d'un ouvrage (étape 2). Ces trois variables peuvent être visualisées sur une carte des points renseignés par le paramètre choisi (étape 3).

### *Option 6 de E6 : affiche E6bis en surimpression. Tracé d'une carte des formations rencontrées à une profondeur donnée.*

Il suffit d'indiquer la profondeur pour laquelle la visualisation est souhaitée. Le résultat est une carte de points renseignés par le code de la formation décrite à la profondeur spécifiée.

LISTE DES MESURES D'UN PIEZOMETRE

NOM DU PIEZO
0190C0QIII

ZSOL	Z_REPERE	PROF_MES	ALTI_MES
42.30	42.30	5.30	37.00
42.30	42.30	5.00	37.30
42.30	42.30	4.75	37.55
42.30	42.30	4.63	37.67
42.30	42.30	5.02	37.28
42.30	42.30	6.39	35.91
42.30	42.30	6.42	35.88
42.30	42.30	6.39	35.91
42.30	42.30	4.59	37.71
42.30	42.30	4.47	37.83
42.30	42.30	4.51	37.79
42.30	42.30	6.44	35.86
42.30	42.30	6.68	35.62
42.30	42.30	4.45	37.85
42.30	42.30	4.66	37.64
42.30	42.30	4.66	37.64
42.30	42.30	4.40	37.90
42.30	42.30	5.04	37.26
42.30	42.30	4.44	37.86
42.30	42.30	5.02	37.28
42.30	42.30	5.11	37.19
42.30	42.30	5.00	37.30
42.30	42.30	4.32	37.98
42.30	42.30	5.03	37.27
42.30	42.30	5.02	37.28
42.30	42.30	5.07	37.23
42.30	42.30	4.45	37.85
42.30	42.30	5.13	37.17
42.30	42.30	5.02	37.28
42.30	42.30	5.04	37.26
42.30	42.30	5.21	37.09
42.30	42.30	5.55	36.75
42.30	42.30	6.44	35.86
42.30	42.30	5.84	36.46
42.30	42.30	6.34	35.96
42.30	42.30	5.28	37.02

LISTE DES MESURES D'UN PIEZOMETRE

**Figure 18 - Données pour 1 piézomètre**

***Option 7 de E6 : affiche E6ter en surimpression. Tracé d'une carte des formations rencontrées à une cote donnée.***

Selon le même procédé qu'à l'option 6, le système trace une carte de points renseignés par le code de la formation décrite à la cote spécifiée.

***Option 8 de E6 : tracé d'une carte des trois premières formations rencontrées dans chaque ouvrage.***

Le système trace une carte de points renseignés par les trois premiers codes rencontrés dans les descriptions des ouvrages du secteur.

***Option 9 de E6 : affiche E5***

Permet en réaffichant l'écran E5 de changer de secteur d'étude ou de type de données à représenter.

### **2.2.3.2 - Représentation des données hydrogéologiques**

Option "EAU" de E5 : affiche E8 qui offre trois options : éditions de données, de diagrammes, de cartes).

***Option 1 de E8 : affiche E9 pour choisir des éditions de tableaux***

Cinq tableaux différents (cinq choix) sont proposés. Ils permettent de récapituler les caractéristiques hydrogéologiques de un ou de l'ensemble des ouvrages du secteur. Pour le choix 1, une sélection des nappes à considérer est proposée. Dans le cas d'une réponse affirmative, il y a affichage de l'écran E12. L'opérateur peut alors choisir parmi les différents codes inscrits, ceux qui correspondent aux nappes équifères qu'il veut étudier. Cette sélection est conservée pour les appels aux options suivantes, annulée en rappelant le choix 1. Nous rappelons ici ces différents tableaux :

- tableau des données piézométriques comportant pour chaque ouvrage, son indice, les nappes captées, la date de la dernière mesure, la profondeur et la cote NGF du niveau d'eau et le nombre de mesures,
- tableau des époques et nombres de mesures comportant pour chaque ouvrage, son indice, les nappes captées, le nombre de mesures, la date de la première et de la dernière mesure effectuées et l'amplitude maximale observée,
- tableau des mesures pour un ouvrage comportant la cote du sol, la cote du repère altimétrique, la profondeur et la cote NGF de chaque mesure (Figure 18),
- tableau des hauteurs et amplitudes maximales observées, rapportées à chaque ouvrage.

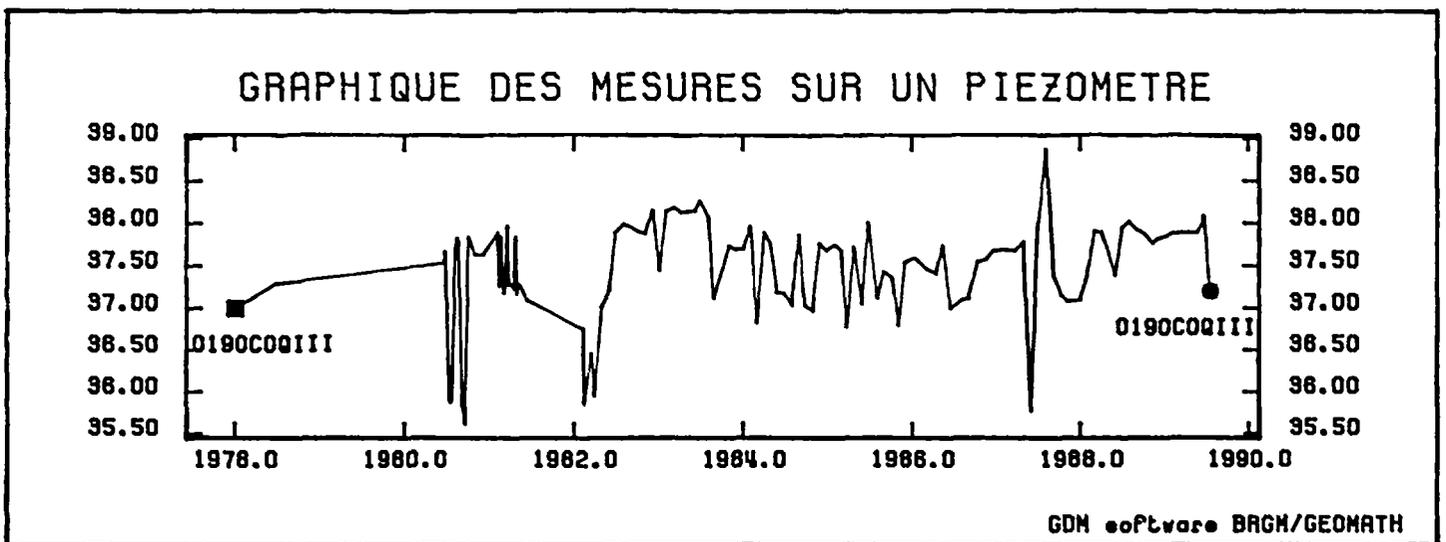
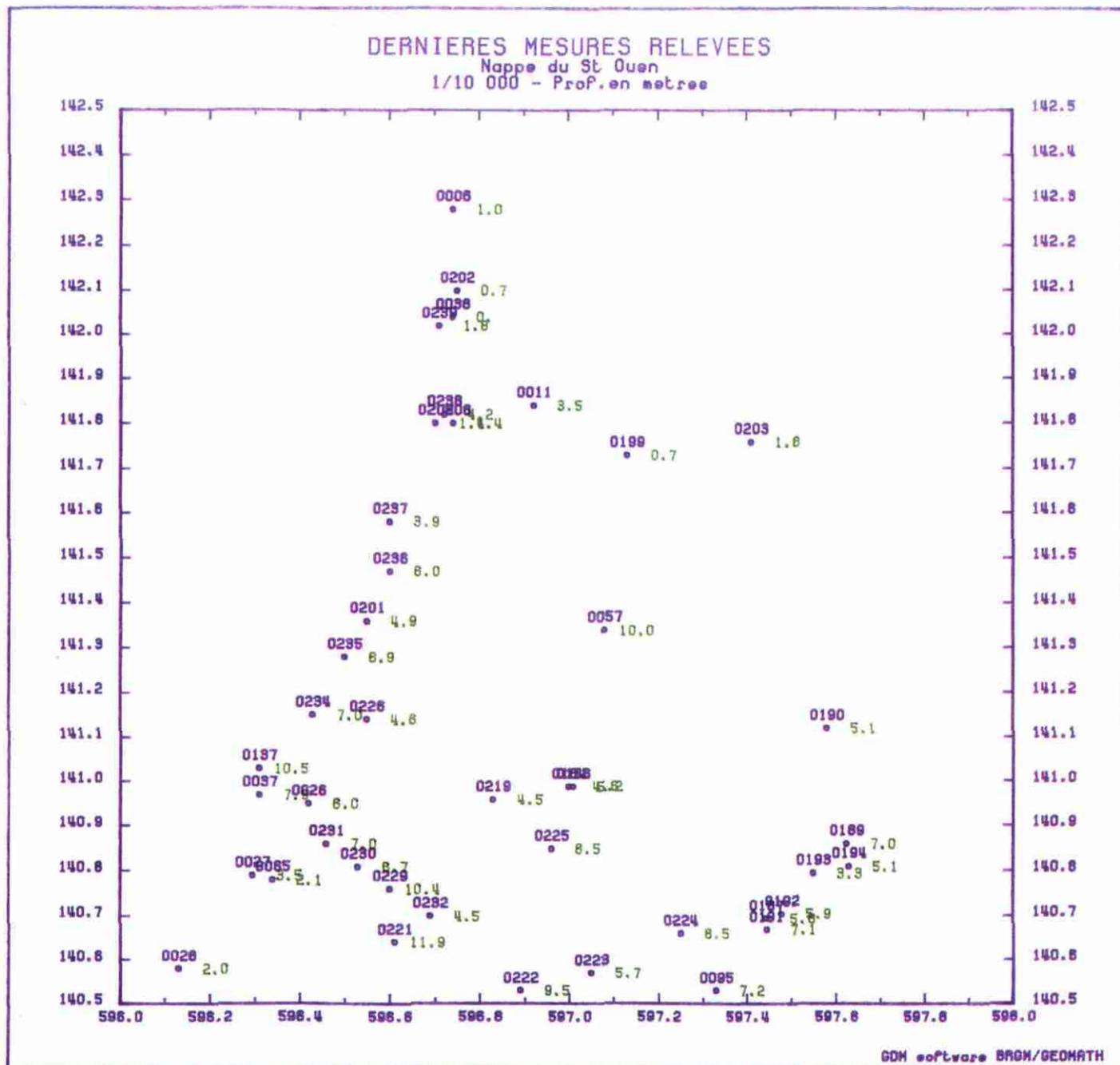


Figure 19 - Courbe piézométrique d'un ouvrage



**Figure 20 - Carte des dernières mesures relevées**

### *Option 2 de E8 : affiche E10 pour choisir des tracés de diagrammes*

Cinq types de diagrammes d'évolution des niveaux piézométriques par rapport au temps sont proposés, pour un ou pour l'ensemble des données. Ici encore il est possible dans le cas du choix 1 de sélectionner certaines nappes aquifères en précisant leur code à l'affichage de l'écran E12.

- graphique du nombre de mesures par année pour une ou plusieurs nappes,
- graphique des différentes cotes NGF distinctes observées par année, pour l'ensemble des dates ou pour une période particulière,
- graphique de toutes les cotes NGF par année, pour l'ensemble des dates ou pour une période particulière,
- graphique de la dernière cote NGF mesurée dans chaque ouvrage, pour l'ensemble des dates ou pour une période particulière,
- graphique des cotes NGF pour un piézomètre donné (Figure 19).

### *Option 3 de E9 : affiche E11 pour choisir des tracés de cartes*

Quatre choix principaux de tracé de cartes sont proposés. Pour les deux premiers, il est indispensable de sélectionner une, plusieurs ou l'ensemble des nappes à étudier (au moyen du choix 3). Les cartes de points sont renseignées par la cote ou la profondeur du plan d'eau (soient quatre types de cartes). Pour les choix 4 et 5, les cartes sont renseignées par l'indice de l'ouvrage, les nappes aquifères (identifiées par leurs codes) observées dans l'ouvrage et le niveau le plus haut constaté (choix 4) ou l'amplitude maximale mesurée (choix 5). L'opérateur peut donc demander les cartes suivantes :

- carte de points renseignés par la dernière mesure effectuée (profondeur ou cote NGF du plan d'eau) dans chaque ouvrage en fonction de(s) nappe(s) choisie(s) (Figure 20),
- carte de points renseignés par la dernière mesure effectuée (profondeur ou cote NGF du plan d'eau) dans chaque ouvrage, pour une période particulière en fonction de(s) nappe(s) choisie(s),
- carte de points renseignés par les hauteurs maximales observées,
- carte de points renseignés par les amplitudes maximales observées.

### *Option 4 de E9 : affiche E5*

Permet en réaffichant E5 de changer de secteur d'étude ou de type de données à représenter.

Dans tous les cas, le choix "0" permet un retour à l'écran précédent ou la sortie du système. A la fin de chaque travail effectué par GDM, il y a réaffichage de l'écran de sélection.

## **2.3 - ANALYSE ET CRITIQUE DU SYSTEME**

### **2.3.1 - UTILISATION PRATIQUE DE GEOPARIS**

Nous avons illustré, à travers l'exemple de l'étude menée dans la région d'Enghien-les-Bains, les multiples possibilités de visualisation des données hydrogéologiques et géologiques concernant un secteur. C'est ainsi qu'il est possible de choisir entre une cote NGF ou une profondeur pour matérialiser le niveau d'un plan d'eau ou entre une épaisseur et une cote (de toit ou de mur) pour décrire une formation géologique. Cette diversité implique un mode interactif entre l'opérateur et GEOPARIS. Elle exige un minimum de connaissances sur l'utilisation de GDM. Toutefois le système GDM assure toujours une réponse en cas de défaillance de l'opérateur. Le protocole de restitution graphique utilisé actuellement semble donc contraire à notre volonté initiale d'automatisation complète mais il permet en contrepartie une très grande souplesse d'utilisation. Le mode "batch" évoqué dans la présentation du produit est utilisé pour fournir au système des valeurs fixes n'ayant pas d'incidence sur la diversité des représentations graphiques. On citera en particulier, tous les paramètres contenus dans les fichiers de commande qui dirigent les programmes GDM de traitements des données avant leurs visualisation.

### **2.3.2 - ABSENCE DE DONNEES INTERPOLEES**

Il peut sembler étonnant de n'avoir proposé aucune représentation graphique interpolée (cartes d'isovaleurs, profils théoriques ou logs prévisionnels). Ceci correspond à un choix délibéré (cf. I chapitre 2 § 2.1.). La raison en est que GEOPARIS est destiné à une utilisation en région par des personnes spécialisées mais qu'il s'adresse aussi à un large public. Or toute interprétation des données, ne serait-ce qu'une interpolation, doit être mise en œuvre en connaissant la méthode statistique appliquée afin d'avoir un regard critique et objectif sur le résultat du traitement automatique. L'utilisation des méthodes géostatistiques est donc du ressort de personnes formées à cette fin pour que les résultats soient présentés avec les commentaires adéquats. Dans le cas contraire, l'utilisation "aveugle" d'informations contenues dans la zone de travail et servant à l'interpolation peuvent conduire à de graves aberrations telles que :

- extrapolations aux limites du secteur sélectionné sans tenir compte des données extérieures à cette zone,
- apparition d'une couche au dessus de la topographie lorsque parmi les points concernés se trouvent deux ouvrages séparés par une vallée.

Les résultats ne seraient satisfaisants que si les données étaient homogènes (tous les ouvrages recoupant les mêmes niveaux géologiques) et sans discontinuités (failles, lacunes) ce qui de toute évidence n'est pas le cas dans le Bassin de Paris.

ETAGE	NOM DE LA FORMATION	ABR	CODE	SYMB											
THRECIEN	Inconnu	?	0010												
QUATERNAIRE	Remblais	R	0011	X											
	Lions des plateaux, terre végétale	LP	0012	LP											
	Eboulis, colluvions	E	0013	EC											
	Alluvions modernes	Aa	0100	F	Alluvions	A	0001								
	Alluvions anciennes	Aa	0200	F											
STAMPIEN	Meulière de Montorency	MeM	1411	g3a											
	Sables de Fontainebleau	SF	1401	g2b											
	Marnes à Huitres	MH	1422	g2a											
	Calcaire de Sannois	CS	1431	g1b											
	Calcaire de Brie	CB	1432	g1b											
	Caillasse d'Orgeon	CO	1432	g1b											
	Glaises vertes	GV	1433	g1a	Argile verte	AV	1430	Marnes vertes et supragypseuses	MVSG	1001					
	Glaises à Cyrènes	GC	1434	g1a											
LUDIEN	Marnes blanches de Pantin	MP	2111	e7c	Marnes supragypseuses	MSG	2110								
	Marnes bleues d'Argenteuil	MA	2112	e7c											
	Première masse du gypse	G1	2121	e7b	Calcaire de Champigny	CKY	2120	Masses et Marnes du gypse	MMG	2125					
	Marnes à gypse fer de lance	MFL	2122	e7b											
	Deuxième masse du gypse	G2	2123	e7b											
Marnes à Lucines	ML	2124	e7b												
	Troisième masse du gypse	G3	2131	e7b	Marnes infragypseuses	nig	2130			Marnes et marnes du gypse pseudomorphosé	MGps	2002			
	Marnes à Pholadomyes	MPH	2132	e7a											
MARINESIEN	Quatrième masse du gypse	G4	2141	e7a	Sables verts infragypseux	SV	2140	Marnes infragypseuses	MIG	2135	Marnes et sables infragypseux	MSIG	2102		
	Calcaires de Noisy ou Marnes à Paludines	CN	2141	e7a											
	Sables de Nonceau	SN	2142	e6b2											
	Calcaire de Saint Ouen s.s.	SO	2151	e6b1	Calcaire de St Ouen s.l.	CSD	2150								
	Calcaire de Ducy	CD	2152	e6b1											
AUVERSIEN	Sables de Beauchamp	SB	2160	e6a											
Lut sup	Marnes et caillasses, calcaire à Cérithes	MC	2211	e5c					Marnes et Caillasses						
LUTETIEN	Calcaire grossier supérieur	CGs	2221	e5ab	Calcaire à Miliolites	CM	2220	Calcaire grossier	CG	2201	et	MCCG	2004		
	Calcaire grossier moyen	CGm	2222	e5ab											
	Calcaire grossier inférieur	CGi	2231	e5ab	Calcaire inférieur	CI	2230								
	Glaucanie grossière	GG	2232	e5ab											
YPRESIEN	Argile de Laon	AL	2311												
	Sables de Cuise et sables supérieurs	SS	2312	e3-4c											
	Fausses glaises	FG	2321	e3-4b					Sables et argiles yprésiens	SAY	2301				
	Sables d'Auteuil	SA	2322	e3-4b	Sables et argiles sparnaciens	SAS	2320								
	Argile plastique	AP	2323	e3-4a											
	Congloérat de Meudon, cendrier	COM	2324	e3-4a											
MONTIEN	Marnes de Meudon	MM	2511	e1	Marnes et calcaires de Meudon	NCM	2510								
	Calcaire disolithique	CP	2512	e1											
CAMPANIEN	Craie blanche	C	3121	c6	Craie campanienne	CC	3120								
INDIFF	Formations indifférenciées		0000												

Figure 21 - Tableau des codes lithostratigraphiques utilisés en Ile de France

<b>RIVE GAUCHE</b>		<b>RIVE DROITE</b>
<b>Région naturelle : HUREPOIS</b>		<b>Région naturelle : SOISSONNAIS</b>
HUR CS	Alluvions de la Seine QUATERNAIRE	SOS CS
HUR 01	Meulière de Beauce STAMPIEN	SOS 01
HUR 02	Sables de Fontainebleau STAMPIEN	SOS 02
HUR 03	Calc. de Brie/Mains Vertes STAMPIEN-INF-NS	SOS 03
HUR 04	Marnes, Gypse, Calc. Champigny LUDIEN	SOS 04
HUR 04	Calcaire de Saint-Oulm MARINESIEN	SOS 04
HUR 04	Sables de Beauchamp ALVERSIEN	SOS 05
HUR 05	Marnes et Caillasses LUTETIEN-SUP	SOS 06
HUR 06	Calcaire Grossier LUTETIEN-INF	SOS 07
HUR 07	Sables / Argile Plastique YPRESIEN	SOS 08
HUR 08	Montien Craie MONTIEN	SOS 09

**Figure 22 - Tableau des codes de nappes utilisés en Ile-de-France**

### 2.3.3 - CODIFICATION DES TERRAINS ET DES NIVEAUX D'EAU

Un autre fait marquant du fonctionnement du GEOPARIS est cette notion de "code" à laquelle nous faisons très fréquemment allusion dans l'exposé de la mise en œuvre du système. Pour les deux types de données traités, la représentation de l'information sur les figures se fait par l'intermédiaire d'un code de quatre caractères. En effet, la mémorisation des données sous ORACLE permet une description lithologique des formations géologiques ou des systèmes aquifères en langage clair (limitée à 100 caractères). Seule la stratigraphie est contrôlée par un vocabulaire constituant un lexique. Devant la diversité lithostratigraphique des terrains rencontrés dans le Bassin de Paris (particulièrement au Tertiaire), il s'est avéré indispensable d'utiliser des libellés capables de décrire non seulement le faciès mais également les divisions du temps, jusqu'aux plus fines reconnues. L'intérêt des codes est de pouvoir identifier les niveaux graphiquement avec très peu de caractères. Le problème était le même pour caractériser les différents horizons aquifères : il fallait donner l'âge et la nature de la formation encaissante. Nous avons utilisé les codifications existantes en les adaptant dans le cas des données hydrogéologiques (Annexe 3).

C'est essentiellement à cause du rôle fondamental que ces codes jouent dans les représentations graphiques qu'un contrôle très sévère des données mémorisées a été fait. Toute codification erronée ou manquante était corrigée ou saisie. D'autre part, certains dossiers disposaient d'informations géologiques ou hydrogéologiques non dépouillées. La BSS a donc été complétée par ces données interprétées et codées.

### 2.3.4 - PRINCIPES DE CODIFICATION

#### **Cas des données géologiques.**

Pour le Bassin de Paris, il existe actuellement deux systèmes de codification lithostratigraphique. Le premier, alphabétique et le plus ancien est basé sur le Tableau Stratigraphique des Formations Géologiques de la Région Parisienne de Tissier. Il utilise les initiales majuscules des principaux termes décrivant la formation (CG pour Calcaire Grossier). Des minuscules permettent de préciser des subdivisions (Mig pour Marnes infragypseuses). Cette codification est utilisée sur les cartes géologiques. Toutefois elle ne comporte qu'une trentaine de termes. Le second, numérique, a été élaboré au BRGM il y a une vingtaine d'années. Les combinaisons nettement plus nombreuses permettent des subdivisions plus fines. C'est ce dernier qui est actuellement utilisé en BSS. Il est construit sur quatre chiffres (0001 pour alluvions qui se divise en 0100 : alluvions modernes puis 0101 : alluvions modernes supérieures et 0102 : alluvion modernes inférieures, 0200 : alluvions anciennes etc...). Actuellement utilisée dans GEOPARIS cette codification n'est pas très évocatrice de la formation représentée. A cours terme, elle sera remplacée par une codification alphabétique, largement inspirée de celle de Tissier, complétée.

### **Cas des données hydrogéologiques.**

Le système utilisé en BSS pour identifier les nappes aquifères est construit sur 14 caractères qui indiquent : la région naturelle dans laquelle se situe l'ouvrage captant (3 lettres, initiales de la région) puis en deux chiffres l'âge de la formation géologique encaissante (3 niveaux au maximum quand plusieurs horizons sont producteurs) et l'état de la nappe (3 caractères). Prenons par exemple le code : SOS06,07,.. +00, il signifie que deux horizons producteurs confondus ont été reconnus dans un ouvrage situé dans le Soissonnais. Le niveau 06 appartient à la nappe aquifère située dans la formation des Marnes et Caillasses et le niveau 07 est dans celle du Calcaire Grossier, toutes deux lutétiennes. Les trois derniers caractères (+00) indiquent que ces nappes sont protégées au toit (+), mais ne sont pas protégées au mur (0) et qu'aucune information n'est donnée en ce qui concerne l'état de la nappe (libre ou captive).

Il est évident ici encore que l'utilisation de la description littérale est impossible pour repérer un niveau sur une figure et malheureusement, il en est de même pour la totalité du code. Pour les utiliser dans GEOPARIS nous avons dû constituer des fichiers dans lesquels la description est restreinte à quatre caractères qui sont les deux premiers de la région (SO) suivi des chiffres décrivant la nappe. Cependant, nous avons tout de même été contraints de décomposer les descriptions en deux si ce n'est trois termes successifs pour les aquifères décrits par plusieurs niveaux confondus. Cela donne dans notre exemple : SO06 et SO07. Dans le cas contraire, chaque niveau est codé individuellement ce qui dans notre exemple signifierait la mémorisation de deux codes : SOS06,..,.. +00 et SOS07,..,..000 (avec à chaque fois les autres éléments requis c'est-à-dire cotes du toit et du mur de l'aquifère, descriptions stratigraphique et lithologique de l'encaissant).



## **CONCLUSIONS**

A travers cet exemple, nous avons souligné les deux caractéristiques fondamentales du système d'exploitation de la BSS qu'est GEOPARIS : autonomie de l'opérateur et diversité des visualisations graphiques possibles. GEOPARIS offre en outre l'avantage de limiter la consultation de la base aux seuls points présents dans le secteur étudié et par conséquent de limiter le temps de travail de recherche. Le système indique également clairement le type et le nombre de données disponibles. Il peut travailler de façon sélective sur un type de données en traitant la totalité de l'information ou une partie seulement sur les spécifications de l'opérateur.



## **CONCLUSIONS GENERALES**

A l'époque où l'utilisation de la micro-informatique connaît un essor formidable dans la gestion et l'exploitation des bases de données de grande taille, il était indispensable de disposer d'un outil permettant de valoriser la Banque du Sous-Sol dans les services régionaux du BRGM. Le projet de recherches entrepris en 1988 par le BRGM a abouti à la création du système opérationnel GEOPARIS. Grâce à cet outil, les principaux utilisateurs de la Banque du Sous-Sol (entrepreneurs, urbanistes, exploitants d'ouvrages souterrains) peuvent accéder à une connaissance détaillée de la géologie et de l'hydrogéologie d'une région plus ou moins étendue. La réalisation de ce système a en outre induit une campagne d'actualisation des données mémorisées et a orienté les responsables locaux de la collecte d'informations vers les zones dépourvues de données. Si au cours des deux années passées, l'accent a été mis sur la diversification des fonctionnalités proposées, il reste maintenant à poursuivre la mise à jour de la BSS d'Ile-de-France et à remédier à quelques défauts de forme imputables à la jeunesse du produit élaboré. Ce sera l'objet des travaux menés dans l'année à venir.

## REMERCIEMENTS

C'est sur une idée lancée en 1987 lors d'un entretien entre le Directeur Général du BRGM et le Directeur de l'Industrie de l'Île de France, que fut décidé le projet de recherche "GÉOPARIS". Une grande partie du travail a été effectuée par une équipe de quatre personnes, mais le système n'aurait pas vu le jour sans la collaboration de nombreux intervenants qu'il nous faut remercier ici.

- Claude MEGNIEN et J.P. LEPRETRE ont supervisé la totalité des recherches garantissant, par leur attention constante, la concrétisation du projet, dans le cadre d'une bourse BRGM.
- C'est au service régional d'Île-de-France, dirigé par Edmond DURAND que Philippe DIFFRE nommé chef de projet en 1988, développait la finalité du produit. En 1989, Jean-Pierre LEPRETRE lui succédait pour assurer l'évolution du prototype vers un système fini.
- Les développements informatiques étaient réalisés par Daniel THOMAS, André VIAL et Bruno DELPORTE. Philippe DIFFRE et Françoise MEGNIEN ont contrôlé la qualité des données et confié la saisie de l'information à Anicette RANAIVOLOSOFO et Muguette MOTTEAU. J'ai pour ma part assuré une grande partie du contrôle de la qualité des données ainsi que leur saisie et j'ai participé à la coordination des travaux effectués aux départements DIG et DT/ISA du BRGM testant le produit pour déceler ses défaillances, y remédier en partie et pour proposer des modifications et j'ai pu constater la valeur de ce produit en l'utilisant dans le cadre de plusieurs études confiées au BRGM.
- Enfin, il faut citer pour leur aide précieuse Bernard MAZENC, Jean-Jacques SERRANO et Yves PETIT qui m'ont dirigée dans mon apprentissage des différents outils informatiques ainsi que Françoise DEREK et Michel RICHARD qui m'ont initiée à la gestion et à l'utilisation de la Banque du Sous-Sol.

## **BIBLIOGRAPHIE**

J. DESOIGNIES : L'interrogation de la banque des données du sous-sol. 1979, *Rapport BRGM n° 79 SGN 463 BSS*.

G. DEREK, J. DESOIGNIES : La géologie dans la banque de données du sous-sol français au Bureau de Recherches Géologiques et Minières. 1980, *Rapport BRGM n° 80 SGN 855 BSS*.

G. DEREK, L. LHEUREUX, Y. PETIT : La banque des données du sous-sol français, 1980, *Communication orale au congrès géologique international de Paris*.

B. LEMAIRE : La banque des données du sous-sol : saisie et exploitation des données géotechniques. 1974, - *L'informatique géotechnique*, p. 117-122.

B. LEMAIRE, R. SANEJOUAND : L'informatique géotechnique 1975. Bulletin liaison lab. P. et C., réf. 1603, p. 105-116.

J.P. LEPRETRE, C. NAIL : L'organisation de la banque des données du sous-sol français BSS. 1989, *rapport BRGM R/300 13/SP/SGN/89*.

J.P. LEPRETRE : The french subsoil data bank of the Bureau de Recherches Géologiques et Minières : objectives options and facilities. 1980, in 7ème *International Codata*. Tokyo.

J.P. LEPRETRE : Quelques possibilités de sorties élaborées de la banque des données du sous-sol français, 1979, *Rapport BRGM 79 SGN 616 BSS*.

L. LHEUREUX, J.P. LEPRETRE : La banque des données du sous-sol du Bureau de Recherches Géologiques et Minière : objectifs options et moyens mis en œuvre. 1979, *Revue de l'énergie* n° 316, p. 470, 475.

Y. PETIT : Un système informatique de gestion de base de données. 1979, *rapport BRGM n° 79 SGT 02 DI*.

ANONYME : Exploitation et valorisation de données géologiques dans le cadre d'une base de données pluridisciplinaires : application région de Dunkerque. 1978, *rapport BRGM 78 SGN 529 NPA/BSS/DI* (projet financé par la DGRST 1977 - 1978).

