

Pde 2 (10)

**PROGRAMMES CONVERSATIONNELS  
DE CALCUL GEOSTATISTIQUE  
POUR MICRO ORDINATEUR  
GEOSTAT-PC**

**P. BOIVIN**

Centre Orstom  
70-74 Route d'Aulnay 93140 Bondy

*Mots clés:*

Géostatistique, variogramme, krigeage, logiciel, micro-ordinateur.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 25.764 ex 1

Cote : B

19 DEC. 1988

P138

M

77

## RÉSUMÉ :

GEOSTAT-PC est un logiciel de géostatistique conversationnel écrit pour IBM-PC ou compatible. Conçu pour réaliser la plupart des opérations couramment employées en calcul géostatistique (saisie de données, calcul de variogrammes, recherche et filtrage de dérive, krigeage, tracé de cartes, dialogue avec la plupart des grands logiciels du commerce), il s'adresse à tous les utilisateurs dont le lot de données expérimentales ne dépasse pas 500 points : hydrologues, pédologues, botanistes, océanographes... etc. Sa réalisation a fait l'objet d'une étude bibliographique détaillée, pour déterminer les besoins des utilisateurs et optimiser les temps de calcul. GEOSTAT-PC est fourni avec une notice et des exemples d'application. Ses atouts majeurs sont la portabilité, la souplesse et la conversationnalité.

## ABSTRACT :

### An interactive micro-computer program for geostatistical applications GEOSTAT-PC

GEOSTAT-PC is an interactive program for geostatistical computations, designed to run on an IBM-PC compatible computer. It makes most of current geostatistical computations (data handling, variogram computation, trend identification, kriging, mapping, communication with the most of IBM-PC compatible programs such as MULTIPLAN, SUPERCALC, FRAMEWORK, STATGRAPHICS...). GEOSTAT-PC requires a limited number of experimental data, less than 500 points, and can be interesting for various users : soil scientists, hydrologists, botanists, oceanographers. Documentation and application examples are provided. GEOSTAT-PC main advantages are clearness, flexibility and the fact that it works on every IBM-PC compatible micro-computer.

## INTRODUCTION

La géostatistique est devenue d'un emploi-courant en science du sol (BURGESS et WEBSTER, 1980a, 1980b; GASCUEL-ODOUX, 1984, 1987; GOULARD *et al*, 1987; VAUDIN, 1982 ; WEBSTER et BURGESS, 1980), avec essentiellement deux domaines d'applications : -l'étude de la structure spatiale de la variable étudiée, à partir du calcul du variogramme : recherche de la distance d'autocorrélation, de la variance à faible distance. -la géostatistique fournit également une méthode d'interpolation, le krigeage. Utilisant la structure spatiale de la variable étudiée comme interpolateur, le krigeage s'adapte bien aux variables régionalisées ; il peut intéresser de nombreuses disciplines, pédologie mais aussi hydrologie (DELHOMME, 1978a, 1978b), botanique, géologie, géophysique, océanographie etc... La géostatistique met ainsi à la disposition des chercheurs deux outils : le variogramme et le krigeage.

Si l'emploi de la géostatistique est devenu fréquent, il nécessite toujours le recours à de gros supports informatiques (logiciel et matériel). Ces outils ne sont pas à la portée de tous et leur emploi peut donc s'avérer assez lourd. Par ailleurs, leur puissance de travail et leur richesse en matière de programmation sont dues à leur premier et principal utilisateur : l'industrie minière. Or l'expérience prouve qu'en matière de science du sol comme dans de nombreuses autres disciplines, les points expérimentaux sont peu nombreux et les méthodes numériques utilisées peu variées. Enfin, la précision numérique offerte par les gros systèmes informatiques dépasse souvent de beaucoup l'exigence de l'utilisateur.

Ces considérations nous ont amené à réaliser un logiciel de géostatistique conversationnel utilisable sur tout micro-ordinateur compatible IBM-PC. S'il aborde la géostatistique de manière simplifiée, il n'en permet pas moins de réaliser la quasi-totalité des calculs couramment présentés dans des publications de science du sol, avec des temps de calcul tout à fait acceptables. Dans la suite de cet article, nous présenterons quelques possibilités de ce logiciel, illustrées par un exemple. Il s'agit de relevés piézométriques effectués sur un réseau de 98 piézomètres répartis sur une parcelle de 100ha.

### 1-Généralités

GEOSTAT-PC est un programme conversationnel permettant d'effectuer un certain nombre de calculs géostatistiques dans un espace à deux dimensions à partir d'un micro-ordinateur IBM-PC ou compatible. Les programmes sont rédigés en GWBASIC (basic standard IBM-PC), certains modules sont compilés. Ils tournent sur tout micro-ordinateur IBM-PC ou compatible muni d'une carte graphique de résolution minimale 640 X 200 pixels. Ils sont destinés aux utilisateurs ayant un petit nombre de points expérimentaux (<500), les temps de calcul devenant ensuite trop lourds sur ce type de machine.

GEOSTAT-PC se subdivise en une quarantaine de modules gérés par des menus. Entièrement conversationnel, ce logiciel est à la fois simple et souple d'emploi.

GEOSTAT-PC permet de réaliser:

- la saisie de données, ainsi que la génération de plans d'échantillonnages;
- quelques traitements statistiques classiques et le dialogue possible avec la plupart des grands logiciels de statistique du commerce (tous les logiciels pouvant importer ou exporter au format ASCII);
- le calcul des variogrammes moyens ou orientés; -le calcul et le filtrage d'une dérive polynômiale;
- la modélisation interactive des variogrammes;
- le krigeage ponctuel ou par maille, associé à un module de tracé de cartes permettant la restitution d'un fond topographique sur la carte estimée par krigeage, sur traceur ou sur imprimante matricielle.

Chaque module est agrémenté de sorties graphiques modifiables de façon interactive et imprimables.

L'ensemble des programmes tient sur deux disquette. Avec ces disquettes est fournie une notice d'utilisation comprenant la description de chaque module et de la structure des fichiers, ainsi que des exemples de sorties.

## 2-Descriptif sommaire des programmes.

Au lancement des programmes apparaît le menu suivant :

---

GEOSTATISTIQUE - PROGRAMME CONVERSATIONNEL

1-SAISIE DE DONNEES

2-UTILITAIRES STATISTIQUES

3-VARIOGRAMMES

4-KRIGEAGE

5-REINITIALISATION

6-ACCES DOS

Frappez 1,2,3,4,5 ou 6 selon votre choix

---

Ce menu général oriente vers 6 sous menus comprenant chacun de 4 à 9 options. A partir du choix de l'une de ces options, l'utilisateur doit alors répondre à une série de questions, aboutissant à la réalisation d'un calcul et/ou d'un graphique.

### 2.1 - Saisie de données.

Ce module permet de définir un plan d'échantillonnage (coordonnées géographiques) pour lequel seront ensuite saisies les valeurs mesurées des paramètres étudiés. Les données sont toujours repérées par rapport à un plan d'échantillonnage, appelé parcelle. Il est possible de créer autant de parcelles qu'on le désire.

A partir de la création de cette parcelle, il est possible d'associer aux points de mesure les valeurs des paramètres étudiés. Là encore, il n'y a aucune limitation quand au nombre de paramètres donnés pour une même parcelle. Le nombre de points d'une parcelle est limité à 200, mais peut être augmenté (au delà de 500 points, les temps de calcul deviennent très longs sur ce type de machine). Il y a plusieurs possibilités pour saisir les données (coordonnées et paramètres):

- utilisation du module de saisie de données;
- utilisation d'un logiciel du commerce (de statistique comme STATGRAPHICS ou STATITCF, tableur comme MULTIPLAN ou SUPERCALC, intégré comme FRAME-WORK, et d'une façon générale tous les logiciels capables de générer un fichier séquentiel ASCII). Un module est spécialement prévu pour dialoguer avec STATITCF.

Pour la création d'un plan d'échantillonnage, il y a deux modules d'aide : création d'un maillage régulier, ou création d'un plan d'échantillonnage aléatoire. Cette option permet aussi de réaliser un tirage aléatoire dans un maillage régulier. Enfin une option permet la correction des données à n'importe quel moment. Sur l'exemple choisi des relevés piézométriques, les figures 1, 2 et 3 illustrent respectivement le plan d'échantillonnage, l'impression des coordonnées et l'impression des cotes piézométriques. Ces figures sont obtenues par recopie d'écran.

### 2.2 Utilitaires statistiques.

Ce sous-menu propose un nombre limité d'options puisqu'il est possible de transférer les données sur des logiciels performants tels que STATGRAPHICS ou STATITCF. Une option permet de calculer la moyenne et l'écart type des valeurs d'un paramètre sur la parcelle ou sur une portion de celle-ci. Une option permet de visualiser et d'imprimer en mode graphique l'histogramme de tout ou partie des valeurs d'un paramètre (figure 4). Enfin, il est possible de calculer le logarithme des valeurs d'un paramètre et ainsi de créer une nouvelle variable. La figure 4 présente l'histogramme des cotes piézométriques.

### 2.3 Variogrammes

#### 2.3.1 Calcul du variogramme moyen.

La première option permet de calculer le variogramme moyen sur tout ou partie des valeurs d'un paramètre, pour une parcelle donnée.

Les données sont regroupées par pas de distance, ce pas étant fixé par l'utilisateur.

Tous les couples de points sont utilisés pour le calcul, en les affectant chacun au pas le plus proche. Le nombre de couples obtenu pour chaque pas de calcul est ensuite affiché. L'utilisateur a la possibilité de choisir un nombre minimal de couples pour le tracé du graphe du variogramme. Les pas de distance ne réunissant pas ce nombre de couples sont ignorés lors du tracé. Il est ensuite possible de faire varier ce nombre minimal, pour suivre la déformation du variogramme associée. Le variogramme est tracé à l'écran et imprimable (figure 5). Il est également proposé de le sauvegarder sous forme de fichier, en vue d'une modélisation.

### **2.3.2 Calcul des variogrammes directionnels.**

La seconde option permet le calcul des variogrammes selon quatre directions ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ) et leur tracé, avec les mêmes options que dans le module précédent. Cette option est destinée à mettre en évidence une anisotropie sur la parcelle.

Pratiquement, l'espace est divisé en quatre champs dans lesquels sont répartis tous les couples de points selon leur direction; ainsi les couples dont l'orientation est comprise entre  $22.5^\circ$  et  $-22.5^\circ$  sont affectés à la direction  $0^\circ$ .

### **2.3.3 Suppression de dérive**

Il est ici possible de calculer une dérive monodirectionnelle polynômiale selon une direction choisie (identifiée par l'option 2.3.2) et de créer le fichier des résidus: ([variable de départ] - [dérive]). La dérive est ajustée par moindres carrés, à partir de la projection des valeurs mesurées sur la direction de dérive choisie par l'utilisateur. Le degré du polynôme est fixé par l'utilisateur. Le tracé à l'écran de la dérive du paramètre mesuré et du polynôme ajusté, ainsi que l'indication du pourcentage de variance expliqué, permettent de juger de la qualité du filtrage. L'exemple de la figure 6 ne correspond pas au relevé piézométrique; il s'agit de mesures de conductivité électrique réalisées au conductivimètre électromagnétique pour un sol sulfaté acide du Sénégal, le relevé piézométrique ne présentant pas de dérive.

### **2.3.4 Modélisation du variogramme**

Le variogramme sauvegardé (option 2.3.1) est ici restitué à l'écran. Huit modèles sont proposés (linéaire, exponentiel, gaussien, puissance, sphérique, sphérique + linéaire, somme de deux sphériques, somme de trois sphériques).

Ces modèles sont définis de manière interactive à l'écran, le modèle étant présenté en mode graphique, superposé au variogramme expérimental (figure 7). Seuls certains modèles particuliers peuvent être ajustés par moindres carrés, c'est par exemple le cas du variogramme linéaire.

### **2.3.5 Test de validation du variogramme**

En cas d'hésitation entre deux modèles pour un même variogramme expérimental, il est possible de valider l'un ou l'autre des modèles à partir de ce module.

Chaque point expérimental est estimé par krigeage en fonction du modèle de variogramme proposé et à partir des autres points expérimentaux, à l'exclusion de lui-même. L'erreur moyenne et la variance d'erreur ainsi calculées pour différents modèles constituent un critère de choix.

Le krigeage étant effectué par voisinage glissant, tous les paramètres du krigeage peuvent ici être testés, y compris la taille de ce voisinage.

Le rapport moyen [erreur d'interpolation]/[écart type d'estimation] est affiché en prenant en compte tous les points estimés d'une part, puis en éliminant les points pour lesquels l'erreur d'estimation est supérieure à 2.5 fois l'écart type.

La figure 8 présente le résultat du test d'un modèle de variogramme sphérique de portée 25, de palier 0.8 et d'effet de pépité 0.25 sur le lot de données piézométriques. Le voisinage glissant est de diamètre 40, le nombre minimal de points connus rencontrés dans le voisinage glissant est de 3 (en dessous de cette valeur, le point à estimer n'est pas calculé), et le nombre maximal de points est fixé à 8. Tous ces paramètres sont fixés de manière interactive et sont donc susceptibles d'être testés.

## **2.4 Krigeage**

### **2.4.1 Krigeage ponctuel**

La parcelle est cartographiée par krigeage à partir des options suivantes:

- choix du paramètre estimé par krigeage et choix de tout ou partie du lot de données;
- choix du modèle de variogramme (les huit modèles du 2.3.4 sont proposés);
- choix du nombre minimal de points de voisinage pour le calcul d'une valeur;
- choix du nombre maximal de points de voisinage à prendre en compte pour interpoler une valeur;
- choix du pas de la grille d'interpolation, (il s'agit d'une grille à maille carrée);
- choix d'une distance maximale de recherche des points de voisinages pour le calcul d'une valeur interpolée.

Aucune contrainte de direction n'est imposée sur le choix des voisins lors de l'interpolation; le fait de fixer un nombre minimal de voisins a un effet similaire (limitation des calculs sur les bordures).

Lorsqu'une réponse a été fournie à toutes ces questions, le calcul de la carte par krigeage est lancé et le résultat est stocké sous forme d'un seul fichier contenant la carte estimée par krigeage et la carte de variance d'estimation associée. Ce fichier est utilisé lors de l'exécution du module de tracé des cartes (2.4.3).

Le calcul d'une carte estimée par krigeage d'environ 5000 points prend en moyenne de 15 à 45 minutes sur un IBM-AT, selon les options choisies et le nombre de points

expérimentaux disponibles. Notons que les pondérateurs et les paramètres de Lagrange calculés ne sont pas stockés.

#### **2.4.2 Krigeage par maille**

Ce module travaille de façon tout à fait similaire au précédent, mais en calculant cette fois-ci une valeur moyenne sur une maille carrée de taille définie par l'utilisateur.

Il est également possible de réaliser un krigeage ponctuel ou par maille en tenant compte d'une dérive monodirectionnelle polynômiale. Lors du calcul de la carte, la valeur de dérive correspondant aux coordonnées du point interpolé est automatiquement ajoutée à la valeur estimée par krigeage à partir des résidus (cf. 2.3.3).

#### **2.4.3 Tracé des cartes**

Cette option assure la restitution des cartes calculées sous forme d'une carte d'isocontours des valeurs estimées par krigeage, et d'une carte d'isocontours des valeurs de variance.

La restitution est faite à l'écran et proposée sur deux types de périphériques:

- imprimante matricielle
- traçeur au format A3/A4 compatible HP-GL

L'utilisateur définit la valeur et le nombre des isocontours de la carte. Sur traçeur, il choisit également l'échelle de restitution du document, et la couleur de tramage de chaque unité (figure 9).

Une option permet d'obtenir le tracé de la carte en contour non tramé mais lissé (figure 10).

Enfin une option permet de tracer la carte sous forme de bloc diagramme en trois dimensions.

#### **2.4.4 Tracé d'un fond topographique**

Un fond topographique numérisé peut être restitué sur la carte estimée par krigeage, à partir d'un fichier créé en 2.4.5. Le fond topographique est automatiquement orienté et recalé par rapport à la parcelle. Cette option nécessite un traçeur. La figure 9, présente une partie du fond topographique : la limite de la vallée et le cours du marigot.

#### **2.4.5 Digitalisation du fond topographique**

A l'aide de cette option et d'un traçeur de courbes compatible HP utilisé comme table à digitaliser, il est possible de créer un fichier correspondant à un contour que l'on désire superposer aux cartes estimées par krigeage.

#### **2.4.6 Tracé avec SPLINE**

Cette option est identique au 2.4.4, mais le contour topographique est ici restitué à l'aide d'une fonction spline. Ceci permet de numériser un moins grand nombre de points en

2.4.5 tout en obtenant un excellent résultat à la restitution.

### **3 -Prochains développements**

Un module de calcul d'une dérive quadratique sera prochainement ajouté. Par ailleurs, de nombreuses options peuvent être envisagées sur demande. Une prochaine version plus complète, présentée sous forme de menus déroulants et agrémentée de fichiers réponses sera diffusée courant 1988.

La géostatistique multivariable n'est pas envisagée dans cette prochaine version.

GEOSTAT-PC est testé depuis un an par de nombreux utilisateurs. De nombreuses «coquilles» ou lacunes ont ainsi pu être corrigées. Il est certains que d'autres défauts seront mis à jour, cependant l'ensemble des programmes atteint maintenant un bon niveau de fiabilité.

### **4 - Sources**

Pour réaliser ces programmes nous avons utilisé principalement deux types de documentation :

- concernant les algorithmes, la principale source de documentation a été l'ouvrage de Journel (1977), auquel s'ajoutent la publication de Davis et al (1978) et le cours de géostatistique minière de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (Armstrong, 1986; Delfiner et al, 1980).
- concernant le choix des options et du mode de fonctionnement des programmes, nous nous sommes inspirés du programme BLUEPACK utilisé à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, et de nombreux articles de pédologie et d'hydrologie utilisant les méthodes géostatistiques.

### **CONCLUSION**

Ces programmes permettent de réaliser la plupart des opérations classiques en géostatistique, pour un nombre limité d'échantillons en deux dimensions. Leurs atouts majeurs sont la portabilité (utilisation d'un IBM PC ou AT) et leur caractère conversationnel. Ils peuvent intéresser particulièrement les chercheurs ou les aménageurs travaillant outre-mer, ou d'une façon générale loin d'un centre de calcul important équipé d'un logiciel tel que BLUEPACK.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARMSTRONG, M., 1986, *Basic geostatistic for the mining industry*, Multig. ENSMP, Centre de géostatistique.
- BURGESS, T.M. and WEBSTER, R. 1980a, Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I the semi-variogram and punctual kriging. *Journal of Soil Science*, 31, 315-331.
- BURGESS, T.M. and WEBSTER, R. 1980b, Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. II Bloc kriging. *Journal of Soil Science*, 31, 333-341.
- DAVIS, M.W.D., DAVID, M. and BELISLE J.M., 1978, A fast method for the solution of a system of simultaneous linear equations- a method adapted to a particular problem, *Math. Geol.*, Vol 10, N°4.
- DELFINER, P., DELHOMME, J.P., CHILES, J.P., 1980, BLUEPACK, Multig. ENSMP, Centre de géostatistique.
- DELHOMME, J.P., 1978a, Kriging in Hydroscience, *Adv. Water Resour.*, 1(5)251-266.266.
- DELHOMME, J.P., 1978b, Application de la théorie des variables aléatoires régionalisées dans les sciences de l'eau, *Bull. BRGM*, III, N°4, pp.341-375.
- GASCUEL-ODOUX, C. 1984, Application de la géostatistique à l'étude de la variabilité spatiale des propriétés hydriques du sol, *Thèse de Doc.Ing. ENSMP Fontainebleau*, 235 pp.
- GASCUEL-ODOUX, C. 1987, Variabilité spatiale des propriétés hydriques du sol, méthodes et résultats; cas d'une seule variable : *revue bibliographique. Agronomie*, 7 (1), 61-71
- GOULARD, M., VOLTZ, M. et MONESTIEZ, P., 1987, Comparaison d'approches multivariabiles pour l'étude de la variabilité spatiale des sols. *Agronomie*, 7 (9), 657-665
- JOURNEL, A.G., 1977, Géostatistique minière, Multig. ENSMP, Centre de géostatistique, 2 tomes, 733p.
- VAUCLIN, M., 1982, Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol, *Colloque S.H.F.-I.N.R.A., Avignon, Juin 1982*, pp 9-45.
- WEBSTER, R. and BURGESS, T.M., 1980, Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. III Changing drift and universal kriging. *Journal of soil science*, 31, 505-524.

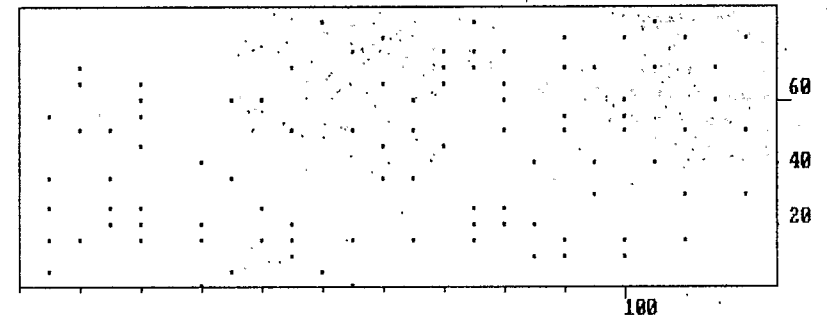


Figure 1 : Restitution d' un plan de parcelle  
Printing of an experimental design

EDITION D'UN PARAMETRE .... :

Parametres disponibles :

TOP P01 P02  
P03 P04 P05  
P06 P07 P08  
P09 A02 A04  
A06 S02 S04  
S06 H02 H04  
H06 P10 D19  
RTO P3R

Quel parametre choisissez-vous  
? P01

VALEURS DE P01 DE LA PARCELLE A:\KAT\KA1

point numero 1 P01= 83	point numero 2 P01= 113
point numero 3 P01= 100	point numero 4 P01= 99
point numero 5 P01= 85	point numero 6 P01= 110
point numero 7 P01= 91	point numero 8 P01= 96
point numero 9 P01= 73	point numero 10 P01= 77
point numero 11 P01= 82	point numero 12 P01= 87
point numero 13 P01= 113	point numero 14 P01= 59
point numero 15 P01= 94	point numero 16 P01= 81
point numero 17 P01= 95	point numero 18 P01= 65
point numero 19 P01= 99	point numero 20 P01= 78
point numero 21 P01= 79	point numero 22 P01= 78
point numero 23 P01= 74	point numero 24 P01= 102
point numero 25 P01= 89	point numero 26 P01= 50
ETC....	

Figure 2 : Impression des cotes piézométriques  
Printing of data values

COORDONNEES ..... :

X suivant la longueur ; Y suivant la largeur.

Point numero 1 X= 15 Y= 20	Point numero 2 X= 10 Y= 15
Point numero 3 X= 5 Y= 15	Point numero 4 X= 5 Y= 5
Point numero 5 X= 5 Y= 25	Point numero 6 X= 15 Y= 25
Point numero 7 X= 20 Y= 45	Point numero 8 X= 5 Y= 35
Point numero 9 X= 15 Y= 50	Point numero 10 X= 10 Y= 50
Point numero 11 X= 5 Y= 55	Point numero 12 X= 10 Y= 65
Point numero 13 X= 10 Y= 70	Point numero 14 X= 20 Y= 60
Point numero 15 X= 20 Y= 65	Point numero 16 X= 15 Y= 35
Point numero 17 X= 0 Y= 35	Point numero 18 X= 30 Y= 40
Point numero 19 X= 35 Y= 35	Point numero 20 X= 40 Y= 25
Point numero 21 X= 60 Y= 35	Point numero 22 X= 65 Y= 35
Point numero 23 X= 65 Y= 50	Point numero 24 X= 70 Y= 45
Point numero 25 X= 60 Y= 45	Point numero 26 X= 55 Y= 50
Point numero 27 X= 45 Y= 50	Point numero 28 X= 45 Y= 70
Point numero 29 X= 40 Y= 60	Point numero 30 X= 35 Y= 60
Point numero 31 X= 55 Y= 75	Point numero 32 X= 50 Y= 85
Point numero 33 X= 65 Y= 60	Point numero 34 X= 60 Y= 65

ETC.....

Figure 3 : Impression des coordonnées géographiques  
Printing of experimental points coordinates

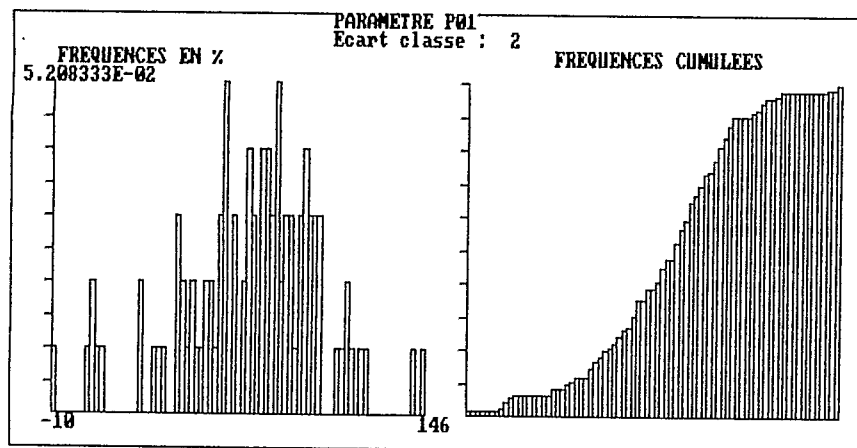


Figure 4 : Histogramme des cotes piézométriques  
Histogram of experimental data

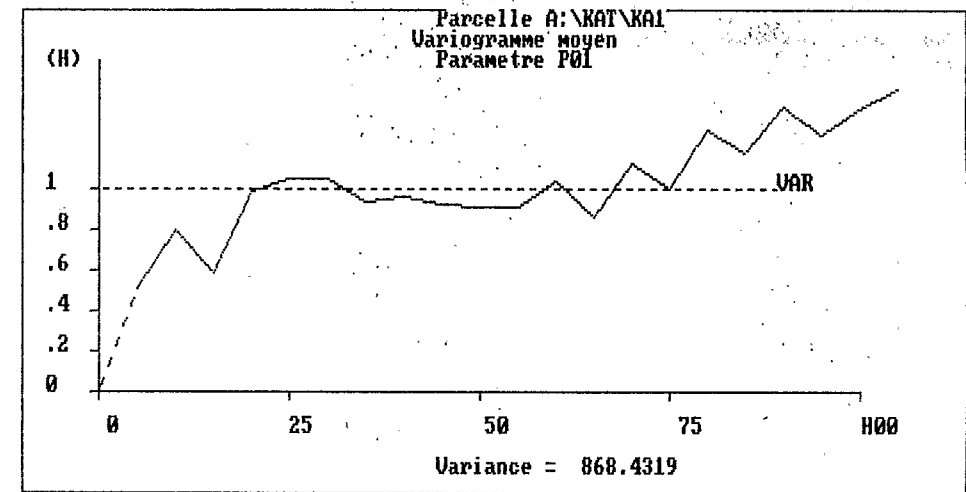


Figure 5 : Variogramme moyen des données piézométriques  
Variogram of experimental data

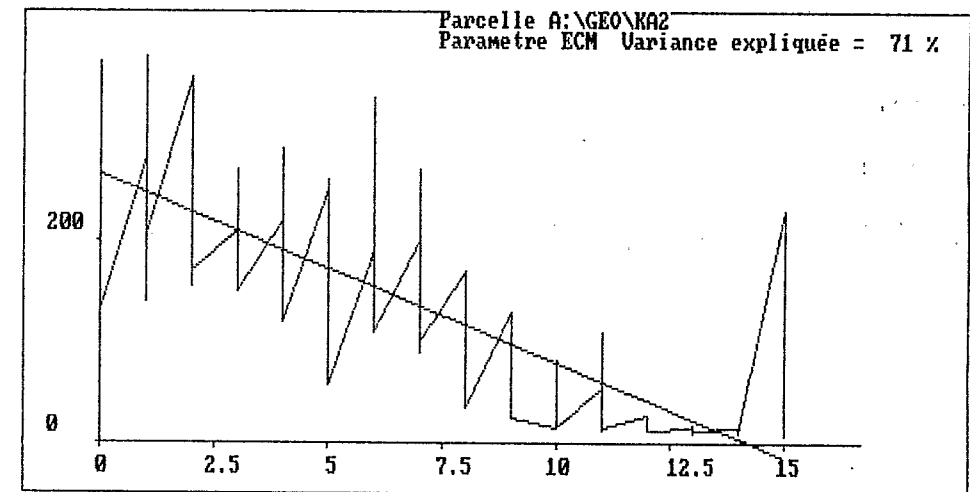
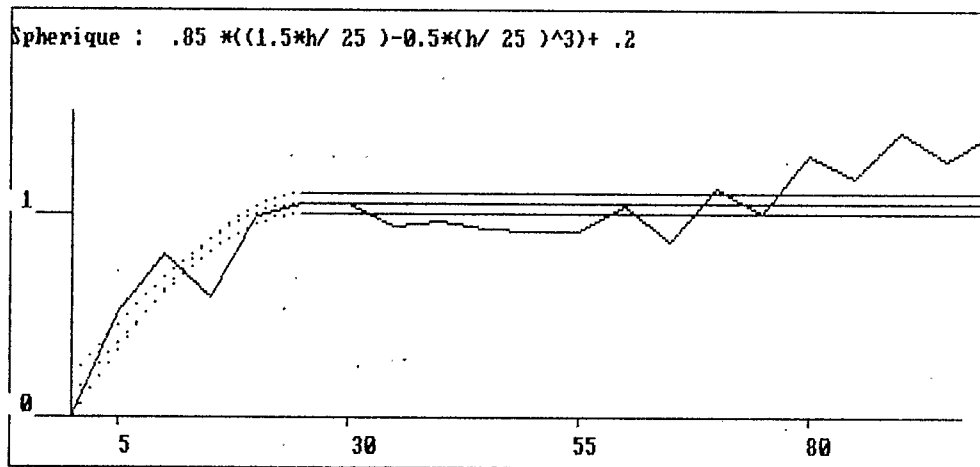


Figure 6 : Exemple de filtrage d'une dérive polynômiale  
Example of trend identification



MOD: ?? (0/N)

Figure 7 : Modélisation interactive du variogramme  
Variogram interactive modeling

ERREUR MOYENNE : .1129977

VARIANCE EXPERIMENTALE= 868.4319

VARIANCE D'ERREUR MOYENNE : 723.658 (26.90089)

$(Zr-Ze)^2/Ve = 1.077551$

EXCLUSION DES CAS  $(Zr-Ze) > 2.5 * \text{ECART TYPE}$  (2 CAS)

$(Zr-Ze)^2/Ve = 1.015516$

FIN DE CALCUL

Figure 8 : Résultat d'un test de validation du variogramme  
Result of the validation test of a variogram

Figure 9 : Isocontours et tramage des unités  
Printing of contour lines and unit frames

CARTE KRIGEE  
KATOURE  
PIEZOMETRIE

1cm= 55m

LEGENDE :

ECHELLE : 1/ 5500



0 < P01 < 50 cm



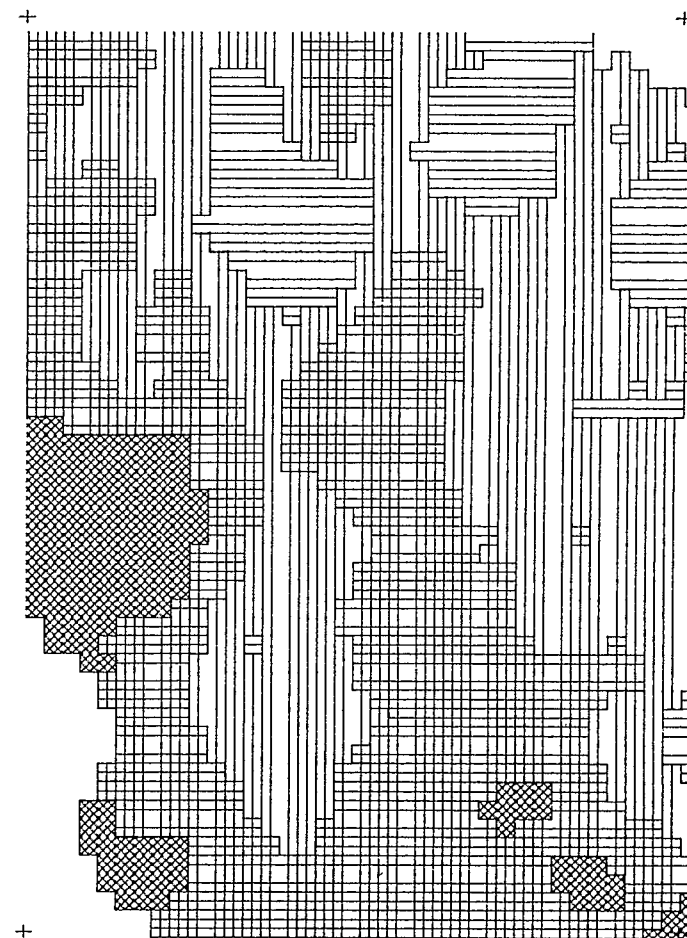
50 < P01 < 75 cm



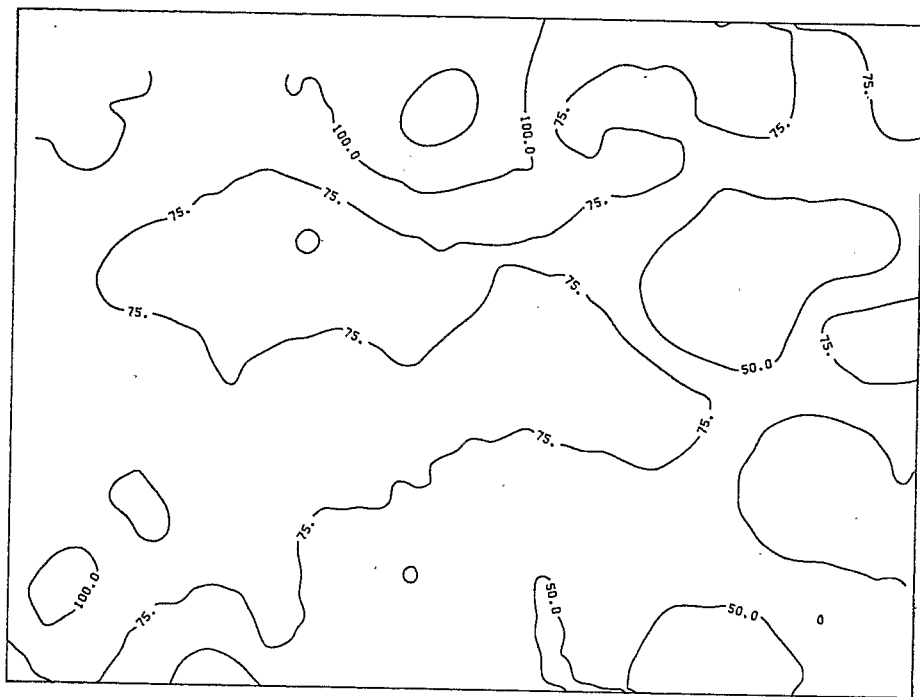
75 < P01 < 100 cm



100 < P01 < 125 cm







CARTE KRIGEE  
KATOURE  
PIEZOMETRIE

1cm = 55m

LEGENDE :

ECHELLE : 1/ 5500

PARAMETRE : COTES PIEZ.

UNITE : cm

