

Record Number:

Author, Monographic: Guertin, K. V.//Blanchette, C.//Montminy, M.//Deschênes, S.//Villeneuve, J. P.

Author Role:

Title, Monographic: Manuel d'utilisation du logiciel GEOPAQ servant à l'analyse géostatistique du phénomène des précipitations acides au Québec

Translated Title:

Reprint Status:

Edition:

Author, Subsidiary:

Author Role:

Place of Publication: Québec

Publisher Name: INRS-Eau

Date of Publication: 1990

Original Publication Date: Mars 1990

Volume Identification:

Extent of Work: x, 160

Packaging Method: pages incluant 2 annexes

Series Editor:

Series Editor Role:

Series Title: INRS-Eau, Manuel d'utilisation

Series Volume ID: 282

Location/URL:

ISBN: 2-89146-279-3

Notes: Rapport annuel 1989-1990

Abstract: 25.00\$

Classifié R000282 m1 dans les dossiers de JPV

Call Number: R000282

Keywords: rapport/ ok/ dl

**MANUEL D'UTILISATION DU LOGICIEL GEOPAQ
SERVANT A L'ANALYSE GEOSTATISTIQUE DU PHENOMENE
DES PRECIPITATIONS ACIDES AU QUEBEC**

par

**Kateri Guertin
Claude Blanchette
Martin Montminy
Sylvain Deschênes
Jean-Pierre Villeneuve**

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 282

**Institut National de la Recherche Scientifique
INRS-Eau
C.P. 7500 Sainte-Foy, Québec, Canada**

Mars 1990

Table des matières

	Page
Table des matières	i
Table des matières - ANNEXE A	v
Table des matières - ANNEXE B	vi
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	x
1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION SOMMAIRE DU LOGICIEL GEOPAQ	3
2.1 LANGAGE INFORMATIQUE	5
2.2 MATERIEL INFORMATIQUE REQUIS	5
2.3 APPEL ET MANIPULATION DU LOGICIEL GEOPAQ	5
2.4 DESCRIPTION SOMMAIRE DES MODULES	6
2.4.1 LECTURE	6
2.4.2 DONNEES	7
2.4.3 STATISTIQUES	7
2.4.4 STRUCTURE	8
2.4.5 KRIGEAGE	8
2.4.6 OPERATIONS	8
2.4.7 FIN	9
3. DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE LECTURE	10
3.1 TYPES DE FICHIERS DE LECTURE	11
3.2 FICHER "NOUVEAU": PAQ.DAT	11
3.3 FICHIERS "MODIFIE" ET "TEMPORAIRE": PAQ.GPQ ET PAQ.GTP	14

4.	DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE DONNEES	16
4.1	LECTURE	17
4.2	AFFICHAGE	17
4.2.1	VARIABLE	19
4.2.2	PARAMETRES	19
4.2.3	AFFICHAGE	20
4.2.4	RETOUR	20
4.3	STATUT	20
4.3.1	VARIABLE	21
4.3.2	STATION	21
4.3.3	ZONE	22
4.3.4	RETOUR	23
4.4	TRANSFORMATION	25
4.4.1	VARIABLE	25
4.4.2	FONCTION	25
	4.4.2.1 STANDARDISATION	25
	4.4.2.2 INDICATRICE	27
4.4.3	RETOUR	28
4.5	RETOUR	28
5.	DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE STATISTIQUES	31
5.1	STATISTIQUES UNIVARIABLES	34
5.1.1	VARIABLE	34
5.1.2	PONDERATION	34
	5.1.2.1 UNIFORME	35
	5.1.2.2 LOCALISATION	35
	5.1.2.3 RETOUR	36
5.1.3	GLOBALES	36
5.1.4	HISTOGRAMME	37
	5.1.4.1 PARAMETRES	37
	5.1.4.2 AFFICHAGE	38
	5.1.4.3 SAUVEGARDE	39
	5.1.4.4 RETOUR	45
5.1.5	LOCALES	45
	5.1.5.1 PARAMETRES	45
	5.1.5.2 CALCUL	46
	5.1.5.3 AFFICHAGE	47

5.1.5.4	SAUVEGARDE	49
5.1.5.5	RETOUR	49
5.1.6	RETOUR	49
5.2	STATISTIQUES BIVARIABLES	51
5.2.1	VARIABLES	51
5.2.2	PONDERATION	51
5.2.2.1	UNIFORME	51
5.2.2.2	LOCALISATION	52
5.2.2.3	RETOUR	53
5.2.3	STATISTIQUES	53
5.2.4	NUAGE	54
5.2.4.1	PARAMETRES	54
5.2.4.2	AFFICHAGE	55
5.2.4.3	RETOUR	55
5.2.5	RETOUR	55
5.3	RETOUR	55
6.	DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE STRUCTURE	57
6.1	VARIABLE	58
6.2	VARIOGRAMME	58
6.2.1	PARAMETRES	58
6.2.2	AFFICHAGE	62
6.2.3	SAUVEGARDE	62
6.2.4	RETOUR	63
6.3	CORRELOGRAMME	66
6.3.1	PARAMETRES	66
6.3.2	AFFICHAGE	67
6.3.3	SAUVEGARDE	69
6.3.4	RETOUR	71
6.4	MODELISATION	71
6.4.1	AUTOMATIQUE	73
6.4.2	AFFICHAGE	74
6.4.3	MANUELLE	75
6.4.4	RETOUR	80
6.5	RETOUR	80

7.	DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE KRIGEAGE	82
7.1	VARIABLE	83
7.2	PARAMETRES	83
7.2.1	STRUCTURE	85
7.2.2	KRIGEAGE	86
7.2.3	RETOUR	88
7.3	ESTIMATION	88
7.4	AFFICHAGE	89
7.5	SAUVEGARDE	91
7.6	RETOUR	93
8.	DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE OPERATIONS	98
8.1	VARIABLES	99
8.2	OPERATION	99
8.2.1	PRODUIT	101
8.2.2	QUOTIENT	102
8.2.3	SOMME (sans exemple d'application)	104
8.2.4	DIFFERENCE (sans exemple d'application).....	104
8.2.5	CHANGEMENT SIGNIFICATIF (sans exemple d'application)	104
8.3	AFFICHAGE	105
8.4	SAUVEGARDE	107
8.5	RETOUR	109
9.	DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE FIN	110
9.1	FICHER "MODIFIE": PAQ.GPQ	110
9.2	FICHER "TEMPORAIRE": PAQ.GTP	111
10.	REFERENCES	114

Table des matières - ANNEXE A

	Page
A. FICHIERS DE LECTURE	A.2
A.1 FICHER "NOUVEAU": PAQ.DAT (cf. chapitre 3)	A.2
A.2 FICHER "MODIFIE": PAQ.GPQ (cf. chapitre 9)	A.12
A.3 FICHER "TEMPORAIRE": PAQ.GTP (cf. chapitre 9).....	A.22

Table des matières - ANNEXE B

	Page
B. FONCTIONS STRUCTURALES DE VARIABILITE	B.2
B.1 DEFINITION DES FONCTIONS STRUCTURALES EXPERIMENTALES ..	B.2
B.1.1 SEMI-VARIOGRAMME EXPERIMENTAL	B.2
B.1.1.1 SEMI-VARIOGRAMME STANDARDISE	B.4
B.1.1.1 SEMI-VARIOGRAMME DE L'INDICATRICE	B.5
B.1.2 LE 1-CORRELOGRAMME EXPERIMENTAL	B.5
B.1.2.1 DEFINITION	B.6
B.1.2.2 UTILISATION DU 1-CORRELOGRAMME	B.7
B.2 MODELISATION DES FONCTIONS STRUCTURALES EXPERIMENTALES	B.7
B.2.1 PARAMETRES DU MODELE	B.7
B.2.2 ISOTROPIE	B.8
B.2.3 ANISOTROPIE	B.8
B.2.4 STRUCTURES EN GIGOGNES	B.9
B.2.5 STRUCTURES DEFINIES POSITIVES	B.9
B.2.6 AJUSTEMENT DU MODELE	B.10

Liste des figures

	Page
FIGURE 1 Organigramme des modules du logiciel GEOPAQ	4
FIGURE 2 Organigramme du module DONNEES	18
FIGURE 3 Affichage de l'emplacement et du numéro d'identification des stations situées à l'intérieur de la zone d'intérêt: [DONNEES/ AFFICHAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	24
FIGURE 4 Affichage de l'emplacement et de la valeur indicatrice des stations situées à l'intérieur de la zone d'intérêt: [DONNEES/ AFFICHAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	30
FIGURE 5 Organigramme du module STATISTIQUES	33
FIGURE 6 Affichage de l'histogramme des fréquences absolues (FA) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ HISTOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	40
FIGURE 7 Affichage de l'histogramme des fréquences absolues cumulées (FAC) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ HISTOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	41
FIGURE 8 Affichage de l'histogramme des fréquences relatives (FR) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ HISTOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	42
FIGURE 9 Affichage de l'histogramme des fréquences relatives cumulées (FRC) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ HISTOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	43
FIGURE 10 Affichage des statistiques locales (moyenne ² vs variance) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ LOCALES/ PARAMETRES - CALCUL - AFFICHAGE]	48

FIGURE 11	Affichage du nuage de dispersion des valeurs communes des variables PR et DE: [STATISTIQUES/ BIVARIABLES/ NUAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	56
FIGURE 12	Organigramme du module STRUCTURE	59
FIGURE 13	Affichage de 4 semi-variogrammes expérimentaux pour la variable PR: [STRUCTURE/ VARIOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	64
FIGURE 14	Affichage du 1-corrélogramme omnidirectionnel expérimental pour la variable PR: [STRUCTURE/ CORRELOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	68
FIGURE 15	Affichage de 4 semi-variogrammes directionnels expérimentaux et du modèle isotropique ajusté automatiquement pour la variable PR: [STRUCTURE/ MODELISATION/ AUTOMATIQUE - AFFICHAGE]	76
FIGURE 16	Affichage de 2 semi-variogrammes directionnels expérimentaux et du modèle anisotropique ajusté manuellement pour la variable PR: [STRUCTURE/ MODELISATION/ MANUELLE - AFFICHAGE]	81
FIGURE 17	Organigramme du module KRIGEAGE	84
FIGURE 18	Affichage de la zone de krigeage et des valeurs krigées pour la variable PR: [KRIGEAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	90
FIGURE 19	Affichage de la zone de krigeage et des valeurs krigées pour la variable DE: [KRIGEAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]	97
FIGURE 20	Organigramme du module OPERATIONS	100
FIGURE 21	Affichage de la zone d'opération et des valeurs retenues pour la variable CO obtenue par quotient: [OPERATIONS/ OPERATION - AFFICHAGE]	106

FIGURE B-1	Paramètres d'un modèle mathématique à palier ajusté aux valeurs expérimentales d'une fonction structurale	B.12
FIGURE B-2	Exemple d'un phénomène dont la structure de variabilité est isotropique	B.13
FIGURE B-3	Exemple d'un phénomène dont la structure de variabilité directionnelle montre une anisotropie géométrique ($a_0/a_{90} = 2.0$)	B.14
FIGURE B-4	Exemple d'un phénomène dont la structure de variabilité directionnelle montre une anisotropie zonale (à 100 degrés)	B.15
FIGURE B-5	Exemple d'un modèle à effet de pépite pur: $C_0 = 6.0$	B.16
FIGURE B-6	Exemple d'un modèle sphérique: $C_0 = 1.5$; $C = 6.5$; $a = 260$	B.17
FIGURE B-7	Exemple d'un modèle exponentiel: $C_0 = 1.25$; $C = 6.75$; $a = 100$	B.18
FIGURE B-8	Exemple d'un modèle à puissance: $C_0 = 3.0$; $C = 0.02$; $a = 1$	B.19
FIGURE B-9	Exemple d'un modèle à effet de trou (sinus): $C_0 = 3.0$; $C = 4.0$; $a = 0.02$	B.20

Liste des tableaux

	Page
TABLEAU 1 Fichier de sortie PAQ.HIS	44
TABLEAU 2 Fichier de sortie PAQ.LOC	50
TABLEAU 3 Fichier de sortie PAQ.VAR	65
TABLEAU 4 Fichier de sortie PAQ.COR	70
TABLEAU 5 Fichier de sortie PAQ.KRI	92
TABLEAU 6 Fichier de sortie PAQ.OPE	108

1 INTRODUCTION

Face à l'importance croissante du phénomène des précipitations acides au Québec, l'INRS-Eau, à la demande du ministère de l'Environnement du Québec, a mis au point le logiciel GEOPAQ servant à l'analyse géostatistique des phénomènes associés au problème des précipitations acides.

Au cours des dernières années, les méthodes géostatistiques se sont avérées pertinentes dans l'analyse de la variabilité spatiale des précipitations acides (entre autres, Guertin *et al.*, 1988; Seilkop et Finkelstein, 1987; Bilonick, 1983 et 1985). Le logiciel GEOPAQ se veut être un outil pratique et simple d'utilisation qui permette à l'utilisateur de procéder aux analyses statistiques et géostatistiques nécessaires à une évaluation optimale de la répartition spatiale des phénomènes associés aux précipitations acides, tels que les dépôts et concentrations en ions polluants. Les possibilités graphiques du logiciel GEOPAQ permettent également à l'utilisateur de visualiser l'information de base ainsi que les résultats d'une telle évaluation, ce qui rend ce logiciel d'autant plus intéressant.

D'autre part, l'utilisateur doit être conscient que derrière la simplicité d'opération du logiciel GEOPAQ se cachent des techniques d'évaluation rigoureuses qui requièrent un minimum d'expertise lorsqu'appliquées à l'analyse de phénomènes de nature très complexe.

Mise à part une brève introduction à l'analyse structurale de la variabilité et à la modélisation de fonctions structurales (annexe B), les concepts de base de la géostatistique ne sont pas présentés dans ce manuel. L'utilisateur novice est donc invité à consulter les ouvrages suivants pour une introduction à la géostatistique linéaire: Journel et Huijbregts, 1978; David, 1977; Clark, 1979.

En ce qui touche plus particulièrement la géostatistique des précipitations acides, en plus des diverses études réalisées dans ce domaine, il est fortement recommandé à l'utilisateur de consulter l'ouvrage intitulé "La géostatistique appliquée à l'estimation des dépôts et concentrations en ions polluants reliés au phénomène des précipitations acides - Méthodologie d'évaluation et exemples d'application" (Guertin et Villeneuve, 1990). Ce

guide d'application propre à l'estimation des précipitations acides devrait être utilisé conjointement avec le logiciel GEOPAQ, de façon à en optimiser le rendement. En effet, alors que le présent manuel décrit le "mode d'emploi" du logiciel, cette méthodologie permet à l'utilisateur peu familier avec les concepts de la géostatistique d'utiliser le logiciel à bon escient.

Des huit chapitres qui suivent, le premier offre une description sommaire du logiciel GEOPAQ permettant à l'utilisateur de prendre connaissance de ses diverses composantes, de son fonctionnement général et de sa procédure d'installation. Les sept chapitres suivants décrivent explicitement le module de lecture, chacun des cinq modules de travail et le module de sortie. La description de chaque module est faite de façon autonome et est illustrée, au besoin, par un organigramme des composantes du module ainsi que par un exemple d'application typique de l'estimation des dépôts acides au Québec.

2 DESCRIPTION SOMMAIRE DU LOGICIEL GEOPAQ

La version 1.01 du logiciel GEOPAQ a pour fonctions principales l'analyse statistique et l'estimation géostatistique d'une ou deux variables régionalisées définies dans un espace cartésien bi-dimensionnel. Plus précisément, pour chaque variable analysée, l'utilisateur peut visualiser les données disponibles, modifier leur statut ou encore les transformer; il peut calculer leurs statistiques globales et locales ainsi que leur histogramme; il peut ensuite faire l'analyse structurale (semi-variogrammes ou 1-corrélogrammes) de ces données ainsi que leur estimation à l'aide de la technique de krigeage ordinaire. En présence de deux variables analysées, l'utilisateur peut faire une étude de corrélation linéaire; il peut estimer une troisième variable en faisant le quotient ou le produit des résultats de krigeage des deux variables analysées; il peut également calculer la somme, la différence ou le changement significatif à partir des résultats de krigeage des deux variables analysées lorsque celles-ci sont de même type.

Bien que ce logiciel ait été conçu spécifiquement pour répondre aux besoins d'évaluation des phénomènes reliés aux précipitations acides au Québec, il demeure un outil de premier ordre pour le traitement géostatistique d'autres phénomènes naturels pouvant être représentés comme des variables régionalisées définies dans un espace cartésien bi-dimensionnel, tels que des dépôts toxiques, des mesures piézométriques, la profondeur du permafrost, la température, la porosité, etc.

Le logiciel GEOPAQ est simple d'utilisation et très visuel. En plus des modules de lecture et de sortie, chacune des fonctions principales est identifiée à un module de travail distinct qui peut être exécuté séparément ou en séquence avec un ou plusieurs autres modules (figure 1). Les données lues peuvent être subséquentement affichées, modifiées, transformées, et sauvegardées dans un fichier de type "modifié"; de même, les résultats des différentes fonctions exécutées peuvent être affichés à l'écran, illustrés sous forme de graphiques et, dans certains cas, sauvegardés sous forme de fichiers. Des valeurs par défaut sont fournies pour initialiser les divers paramètres de travail nécessaires à l'exécution des modules. L'utilisateur peut toutefois modifier ces valeurs qui sont ensuite sauvegardées dans un fichier "temporaire" créé en même temps que le fichier "modifié" à la fin de chaque session de travail. Ces deux fichiers peuvent ensuite être lus lors de sessions de travail subséquentes, évitant ainsi à l'utilisateur d'avoir à remodifier les données et à réinitialiser les valeurs des paramètres associées aux calculs exécutés lors des sessions précédentes.

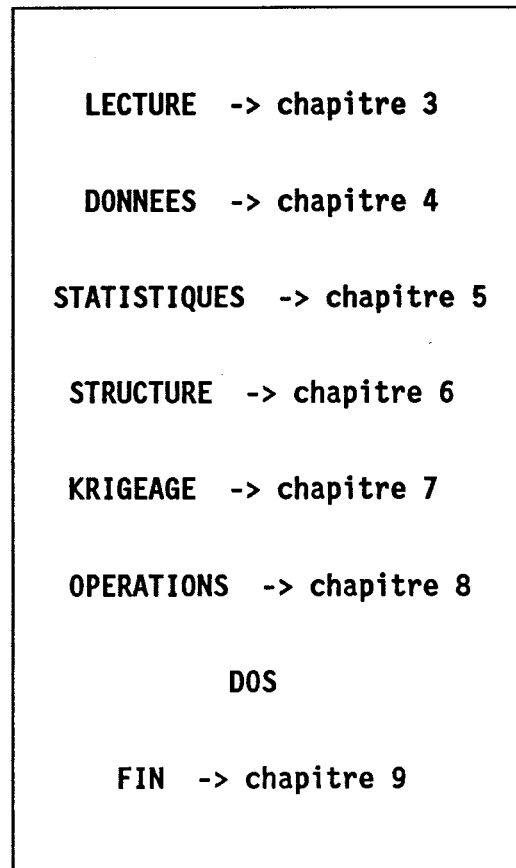
LOGICIEL GEOPAQ

FIGURE 1 - Organigramme des modules du logiciel GEOPAQ

2.1 LANGAGE INFORMATIQUE

Langage principal de la structure: Microsoft C

Langage des sous-routines de traitement géostatistique: FORTRAN 77

Language Interface Mixte Microsoft C - FORTRAN 77

2.2 MATERIEL INFORMATIQUE REQUIS

Micro-ordinateur IBM compatible

Driver CGI de Graphics Software Systems

Disque rigide

Co-processeur mathématique

Le programme exécutable GEOPAQ.EXE doit être copié sur le disque rigide du micro-ordinateur de même que le fichier GEOPAQ.MFR qui contient les menus. Le logiciel peut être exécuté à partir de n'importe quel répertoire (sur disque rigide ou flexible) à condition qu'un cheminement soit prévu à cet effet.

2.3 APPEL ET MANIPULATION DU LOGICIEL GEOPAQ

Lorsqu'un moniteur polychrome est utilisé, le logiciel GEOPAQ est appelé à l'aide de la commande [GEOPAQ ->RETOUR]. Le menu principal des modules disponibles apparaît alors à l'écran et l'utilisateur entre le nom du fichier de données qu'il désire traiter. D'autre part, dans le cas où un moniteur monochrome est utilisé, l'utilisateur appelle le logiciel avec la commande [GEOPAQ /B ->RETOUR].

Au cours de la session de travail, l'utilisateur se déplace à travers les options d'un même menu à l'aide des flèches <- et ->; il choisit une option du menu courant en se positionnant sur cette option et en appuyant la touche [RETOUR] ou en appuyant sur la lettre majuscule caractérisant l'option désirée; à l'intérieur d'une séquence de paramètres à initialiser, il enregistre la valeur désirée ou accepte la valeur par défaut en appuyant la touche [RETOUR]; en présence d'un paramètre à choix multiple, il fait apparaître son choix à l'aide de la [BARRE D'ESPACEMENT] et l'enregistre avec la touche [RETOUR]; de même, à l'intérieur d'une séquence de paramètres à initialiser, il remonte à un paramètre précédent avec la flèche ascendante; il retourne au menu précédent avec l'option RETOUR du menu courant ou en appuyant la touche [ESC]; il fait disparaître les graphiques affichés avec la touche [RETOUR] ou la touche [ESC];

enfin, il peut imprimer tous les paramètres, résultats et graphiques qui apparaissent à l'écran à l'aide des touches [SHIFT-PRN].

Au besoin, l'utilisateur peut retourner au système d'exploitation sans quitter le logiciel GEOPAQ à l'aide de l'option DOS (figure 1); il peut ensuite réintégrer le logiciel au moyen de la commande EXIT. Finalement, s'il désire sauvegarder les données modifiées et les valeurs des paramètres initialisés au cours de la session de travail, l'utilisateur quitte le logiciel à travers le module FIN; sinon, il a recours à la commande [CTRL-C].

2.4 DESCRIPTION SOMMAIRE DES MODULES

Les principales fonctions du module de lecture, des cinq modules de travail (excluant l'option DOS) ainsi que du module de sortie (figure 1) sont résumées ci-dessous. On retrouve une description détaillée de chacun de ces modules aux chapitres 3 à 9.

2.4.1 LECTURE

Deux types de fichiers d'entrée sont acceptés par le logiciel GEOPAQ: un fichier de type "nouveau" lu lors d'une première session de travail, et un fichier de type "modifié" lu avec le fichier "temporaire" correspondant lors de sessions de travail subséquentes.

Un fichier de type "nouveau", de nom et d'extension quelconques, possède une structure définie mais un format variable. Le fichier doit contenir au moins quatre colonnes dont les trois premières sont respectivement, le numéro d'identification et les coordonnées Est-Ouest (ou longitude) et Nord-Sud (ou latitude) de la station échantillonnée; la quatrième colonne et, s'il y a lieu, les colonnes suivantes représentent l'ensemble des variables régionalisées dont une ou deux seront traitées au cours de la session.

Un fichier de type "modifié", créé par le logiciel GEOPAQ à la fin de la session de travail, porte le même nom que le fichier lu en début de session et est caractérisé par l'extension GPQ. Lorsqu'un fichier "modifié" existe, l'utilisateur choisit s'il veut relire le fichier "nouveau" et tout recommencer à neuf, ou lire ce fichier "modifié" et tenir compte des modifications faites au cours de sessions de travail précédentes. Le fichier "modifié" est de structure et de format fixes et contient toutes les informations requises par le logiciel. Lorsque demandé, il est lu simultanément à un fichier "temporaire" correspondant (de même nom mais avec l'extension GTP), qui a été créé en même

temps à la fin de la session de travail précédente et qui contient les valeurs des paramètres nécessaires aux calculs exécutés lors de sessions de travail précédentes.

2.4.2 DONNEES

En plus de permettre la **lecture** d'un fichier de données sans avoir à quitter le logiciel, ce module permet l'**affichage** à l'écran des sites d'échantillonnage à l'intérieur d'une zone d'intérêt définie par l'utilisateur pour chacune des variables lues; au besoin, le numéro d'identification ou la valeur à la station peut être affiché. L'utilisateur peut également procéder à la modification du **statut** (actif ou passif) de certaines données, ce statut étant fonction de l'emplacement de chaque donnée par rapport à la zone d'intérêt. Après chaque modification, les paramètres statistiques correspondant aux données modifiées sont automatiquement calculés. Enfin, ce module offre la possibilité de transformer chacune des variables lues: la **transformation** consiste à remplacer la variable lue soit par une variable standardisée par rapport à deux paramètres entrés par l'utilisateur, soit par une variable indicatrice définie en fonction d'une valeur-seuil également entrée par l'utilisateur; par exemple, de telles transformations permettent à l'utilisateur de traiter une variable standardisée de moyenne zéro et de variance unité, ou d'entreprendre un krigeage de l'indicateur. La variable originale lue est alors remplacée par la variable transformée et les paramètres statistiques sont automatiquement recalculés.

2.4.3 STATISTIQUES

Dans un premier temps, ce module permet le calcul des paramètres statistiques **univariés** des valeurs actives de chaque variable lue. Les statistiques globales peuvent être pondérées uniformément ou en fonction de l'emplacement des données dans la zone d'étude; ces statistiques sont conservées en mémoire au cours de la session et peuvent être utilisées à l'intérieur d'autres modules. L'histogramme de la variable traitée peut également être calculé, affiché et ses valeurs peuvent être sauvegardées dans un fichier de sortie. Enfin, les statistiques locales des données peuvent être calculées en fonction d'une grille de cellules superposée à la zone d'étude et précisée par l'utilisateur; les paramètres statistiques locaux (moyennes, variances, écarts-types et coefficients de variation) peuvent être affichés sous forme de graphiques et sauvegardés dans un fichier de sortie.

Dans un second temps, ce module permet le calcul des paramètres statistiques **bivariés** des valeurs actives des deux variables lues. Encore une fois, ces

statistiques peuvent être pondérées uniformément ou en fonction de la localisation de chaque donnée à l'intérieur de la zone d'intérêt. Les statistiques globales univariées et bivariées sont calculées et un nuage de dispersion des données communes aux deux variables traitées peut être affiché à l'écran.

2.4.4 STRUCTURE

Ce module calcule les fonctions structurales expérimentales pour chaque **variable** traitée. Les fonctions de **semi-variogramme** et de **1-corrélogramme** peuvent être calculées selon les paramètres entrés par l'utilisateur; leurs valeurs expérimentales peuvent ensuite être affichées et sauvegardées dans des fichiers de sortie. Une **modélisation** mathématique des fonctions expérimentales peut être réalisée automatiquement ou manuellement; les courbes expérimentales et le modèle ainsi ajusté peuvent ensuite être affichés à l'écran. Enfin, les valeurs des paramètres de l'équation du modèle sont conservées en mémoire au cours de la session et peuvent être utilisées à l'intérieur du module de krigeage; ces valeurs sont également sauvegardées dans le fichier "temporaire".

2.4.5 KRIGEAGE

Ce module sert à l'estimation par krigeage ordinaire de la **variable** traitée en fonction des **paramètres** structuraux et de krigeage décrivant respectivement le modèle ajusté aux semi-variogrammes ou 1-corrélogrammes expérimentaux et le plan de krigeage désiré. Les principales statistiques caractérisant les résultats de l'**estimation** sont présentées à l'écran. L'utilisateur peut ensuite procéder à l'**affichage** des résultats (valeurs krigées, variances et écarts-types d'estimation) sous forme de grilles de valeurs et à leur **sauvegarde** dans un fichier de sortie.

2.4.6 OPERATIONS

Cette option permet à l'utilisateur d'effectuer certaines opérations à partir des résultats de krigeage des deux **variables** traitées au cours de la séance de travail. L'utilisateur peut estimer une troisième variable en faisant au besoin le **produit**, le **quotient** ou la **somme** des deux variables krigées selon un plan de krigeage identique; les variances et écarts-types d'estimation correspondants sont également calculés. L'utilisateur peut également quantifier la différence ou le **changement significatif** entre les résultats de krigeage des deux variables analysées lorsque celles-ci sont de même type. Ce module permet

ensuite l'**affichage** des résultats obtenus sous forme de grilles de valeurs ainsi que leur **sauvegarde** dans un fichier de sortie.

2.4.7 FIN

A la fin de la session, les données modifiées ainsi que les valeurs des paramètres initialisés par l'utilisateur au cours de la session de travail peuvent être sauvegardées (selon un format pré-établi et non variable) dans les fichiers "modifié" et "temporaire"; ces fichiers, qui portent le nom du fichier nouveau dont ils sont issus et qui sont identifiés par les extensions GPQ et GTP, respectivement, ne sont toutefois créés ou mis à jour que si l'utilisateur quitte le logiciel à travers le module FIN.

3 DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE LECTURE

Deux types de fichiers d'entrée sont acceptés par le logiciel GEOPAQ: un fichier de type "nouveau" lu lors d'une première session de travail, et un fichier de type "modifié" lu avec le fichier "temporaire" correspondant lors de sessions de travail subséquentes.

Deux types de fichiers d'entrée sont acceptés par le logiciel GEOPAQ: un fichier de type "nouveau" lu lors d'une première session de travail, et un fichier de type "modifié" lu avec le fichier "temporaire" correspondant lors de sessions de travail subséquentes.

Un fichier de type "nouveau", de nom et d'extension quelconques, possède une structure définie mais un format variable. Le fichier doit contenir au moins quatre colonnes dont les trois premières sont respectivement, le numéro d'identification et les coordonnées Est-Ouest (ou longitude) et Nord-Sud (ou latitude) de la station échantillonnée; la quatrième colonne et, s'il y a lieu, les colonnes suivantes représentent l'ensemble des variables régionalisées dont une ou deux seront traitées au cours de la session.

Un fichier de type "modifié", créé par le logiciel GEOPAQ à la fin de la session de travail, porte le même nom que le fichier lu en début de session et est caractérisé par l'extension GPQ. Lorsqu'un fichier "modifié" existe, l'utilisateur choisit s'il veut relire le fichier "nouveau" et tout recommencer à neuf, ou lire le fichier "modifié" et tenir compte des modifications faites au cours de sessions de travail précédentes. Le fichier "modifié" est de structure et de format fixes et contient toutes les informations requises par le logiciel. Lorsque demandé, il est lu simultanément à un fichier "temporaire" correspondant (de même nom mais avec l'extension GTP), qui a été créé en même temps à la fin de la session de travail précédente et qui contient les valeurs des paramètres nécessaires aux calculs exécutés lors de sessions de travail précédentes.

Au cours de la description qui suit, on a recours aux symboles suivants pour caractériser les informations apparaissant à l'écran:

- *-: rappel d'information
- > -: information à fournir par l'utilisateur
- >: résultats des calculs exécutés.

On présente également un exemple d'application du logiciel que l'utilisateur peut reproduire à l'écran. Les valeurs par défaut des paramètres qui sont à initialiser par l'utilisateur et qui apparaissent à l'écran lors de l'utilisation du logiciel, sont ici inscrites entre parenthèses. En présence de choix multiples, l'option considérée dans l'exemple présenté est soulignée d'un trait.

3.1 TYPES DE FICHIERS DE LECTURE

Chaque session de travail débute avec la lecture d'un fichier d'entrée identifié par l'utilisateur:

- Si l'utilisateur désire lire un fichier de type "nouveau", il doit entrer le nom du répertoire où se trouve le fichier (à moins que le fichier ne se trouve dans le répertoire courant), le nom et l'extension du fichier; par exemple, A:PAQ.DAT. L'utilisateur entreprend ainsi une première session de travail et tous les paramètres sont initialisés à des valeurs par défaut.

- Si, d'autre part, l'utilisateur désire lire un fichier d'entrée de type "modifié", il n'a qu'à spécifier le nom du répertoire (si différent du répertoire courant) et le nom du fichier (par exemple, A:PAQ); l'extension "modifiée", GPQ, est alors considérée par défaut. Le fichier "temporaire" correspondant, dont l'extension GTP est fixe et qui doit se trouver dans le même répertoire que le fichier "modifié", est lu simultanément de sorte que les informations accumulées au cours de sessions de travail précédentes sont remises en mémoire.

- Si, finalement, le fichier (de type "nouveau" ou "modifié") identifié par l'utilisateur n'existe pas dans le répertoire indiqué, un message d'erreur apparaît et l'utilisateur peut entrer un nouveau nom de fichier.

3.2 FICHIER "NOUVEAU": PAQ.DAT

Ce fichier, dont le nom et l'extension peuvent être quelconques, doit se trouver dans le répertoire courant ou dans le répertoire spécifié par l'utilisateur qui en est alors à une première session de travail avec ce fichier de données.

Un fichier "nouveau" comprend de quatre à dix colonnes d'un maximum de 1000 lignes, chaque ligne représentant une station échantillonnée. Chaque colonne doit être séparée

de la suivante par au moins un espace de sorte que l'utilisateur n'a pas à identifier les formats spécifiques à chaque variable. D'autre part, la structure du fichier est pré-établie de la façon suivante pour chaque station échantillonnée:

- colonne 1: numéro d'identification de la station (format alphanumérique)
- colonne 2: coordonnée cartésienne Est-Ouest de la station (ou longitude)
- colonne 3: coordonnée cartésienne Nord-Sud de la station (ou latitude)
- colonnes 4 et plus: valeurs de la ou des deux variables à traiter.

Le contenu du fichier "nouveau" PAQ.DAT utilisé dans l'exemple d'application présenté dans ce manuel est présenté à l'annexe A. Afin de lire ce fichier, l'utilisateur entre tout d'abord le nom et l'extension du fichier qui, dans le présent exemple, se trouve dans le répertoire courant. Il précise ensuite le type de coordonnées de localisation des stations; si les coordonnées sont cartésiennes (le choix par défaut), l'utilisateur précise ensuite l'unité de ces coordonnées, l'option par défaut étant le kilomètre.

>-Nom du fichier: PAQ.DAT

LECTURE DES DONNEES:

>-Type de coordonnées: <CART / LONLAT> (CART)

>-Unité des coordonnées: Mille (km)

Si d'autre part, les coordonnées originales du fichier "nouveau" sont en longitudes et latitudes, l'utilisateur choisit l'option LONLAT, de sorte que ces longitudes et latitudes sont automatiquement transformées en coordonnées cartésiennes (en km) selon la méthode de projection de Lambert (Reigner, 1957). Les longitudes et latitudes sont lues en degrés-minutes selon le format suivant: "6647 4206", ce qui correspond à une longitude de 66 degrés 47 minutes et à une latitude de 42 degrés 6 minutes. L'origine du système de coordonnées cartésiennes pour le sud du Québec est localisée à une longitude de 79 degrés et à une latitude de 46 degrés.

L'utilisateur indique ensuite le nombre de variables à traiter ainsi que les paramètres identifiant chacune d'entre elles. Dans cet exemple, deux variables décrivant des phénomènes saisonniers sont traitées: la hauteur de précipitation (PR) et le dépôt en ion sulfate correspondant.

>-Nombre de variables à traiter: 2 (2)


```

- VARIABLE #1:
>-Nom:                PR (var1)
>-Unité:              mm
>-Colonne:            4 (4)
>-Valeur manquante:  -9.99 (-9.99999)

- VARIABLE #2:
>-Nom:                DE (var2)
>-Unité:              kg/h/s
>-Colonne:            5 (5)
>-Valeur manquante:  -9.99 (-9.99999)

```

Un compte-rendu de la lecture apparaît ensuite à l'écran, rappelant les paramètres identifiant les variables traitées de même que le nombre de stations lues et les limites de leurs coordonnées cartésiennes.

```

- STATIONS -
->Nombre:              348
->Coordonnée X minimale:  2.95
->Coordonnée X maximale:  999.56
->Coordonnée Y minimale: -161.82
->Coordonnée Y maximale:  694.02

- DONNEES -
->Nom:                PR      DE
->Unité:              mm      kg/h/s
->Nombre de valeurs actives:  348    38
->Nombre de valeurs passives:  0      0
->Nombre de valeurs manquantes: 0      310
->Valeur manquante:  -9.99   -9.99

```

A la lecture d'un fichier "nouveau", pour chaque variable traitée, le statut de chaque donnée est actif sauf si sa valeur est inférieure ou égale à la valeur manquante; dans ce cas, la donnée est dite manquante. De plus, le pondérateur de chaque donnée active est mis égal à 1 sur le nombre de données actives tandis que celui des données manquantes est mis égal à 0. Enfin, les paramètres statistiques globaux à pondération uniforme (moyenne, variance, écart-type et coefficient de variation) sont calculés et les

valeurs extrêmes des variables lues sont identifiées afin d'être disponibles pour le traitement des différents modules de travail.

3.3 FICHIERS "MODIFIÉ" ET "TEMPORAIRE": PAQ.GPQ ET PAQ.GTP

Le nom d'un fichier "modifié" est pré-déterminé par le nom du fichier "nouveau" utilisé en première lecture des données et par l'extension GPQ. Ce fichier "modifié" comporte l'information contenue dans le fichier "nouveau" correspondant sous une forme fixe. Cette information peut être originale ou avoir été modifiée à l'intérieur des modules DONNEES et STATISTIQUES. Le fichier "modifié" est créé à la fin d'une première session de travail, à travers le module FIN, lorsque l'utilisateur désire quitter et conserver les données lues et/ou modifiées.

L'utilisateur peut lire un fichier "modifié" en précisant le nom du répertoire où se trouve le fichier (sauf si c'est le répertoire courant) ainsi que le nom du fichier; il n'est pas nécessaire de préciser l'extension GPQ qui est alors considérée par défaut. Le fichier temporaire correspondant, de même nom mais avec l'extension GTP, se trouvant dans le même répertoire, est lu simultanément. Une description détaillée de ces deux fichiers, qui sont de structure et de format fixes, est présentée au chapitre 9.

Afin d'illustrer la lecture d'un fichier "modifié" à l'intérieur du présent exemple d'application, l'utilisateur crée tout d'abord les fichiers PAQ.GPQ et PAQ.GTP en quittant le logiciel à travers le logiciel FIN; ces fichiers correspondent au fichier "nouveau" PAQ.DAT présenté à l'annexe A. Il rappelle ensuite le logiciel GEOPAQ et entre le nom du fichier "modifié" PAQ, (l'extension GPQ étant considérée par défaut); le compte-rendu de la lecture de ce fichier apparaît alors à l'écran:

```

>-Nom du fichier:                PAQ

- STATIONS -
->Nombre:                        348
->Coordonnée X minimale:        2.95
->Coordonnée X maximale:        999.56
->Coordonnée Y minimale:        -161.82
->Coordonnée Y maximale:        694.02

```

- DONNEES -

->Nom:	PR	DE
->Unité:	mm	kg/h/s
->Nombre de valeurs actives:	348	38
->Nombre de valeurs passives:	0	0
->Nombre de valeurs manquantes:	0	310
->Valeur manquante:	-9.99	-9.99

4 DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE DONNEES

En plus de permettre la **lecture** d'un fichier de données sans avoir à quitter le logiciel, ce module permet l'**affichage** à l'écran des sites d'échantillonnage à l'intérieur d'une zone d'intérêt définie par l'utilisateur pour chacune des variables lues; au besoin, le numéro d'identification ou la valeur à la station peuvent être affichés. L'utilisateur peut également procéder à la modification du **statut** (actif ou passif) de certaines données, ce statut étant fonction de l'emplacement de chaque donnée par rapport à la zone d'intérêt. Après chaque modification, les paramètres statistiques correspondant aux données modifiées sont automatiquement calculés. Enfin, ce module offre la possibilité de transformer chacune des variables lues: la **transformation** consiste à remplacer la variable lue soit par une variable standardisée par rapport à deux paramètres entrés par l'utilisateur, soit par une variable indicatrice définie en fonction d'une valeur-seuil également entrée par l'utilisateur; par exemple, de telles transformations permettent à l'utilisateur de traiter une variable standardisée de moyenne zéro et de variance unité, ou d'entreprendre un krigeage de l'indicateur. La variable originale lue est alors remplacée par la variable transformée et les paramètres statistiques sont automatiquement recalculés.

Au cours de la description qui suit, on a recours aux symboles suivants pour caractériser les informations apparaissant à l'écran:

- *-: rappel d'information
- > -: information à fournir par l'utilisateur
- >: résultats des calculs exécutés

On présente également un exemple d'application du logiciel que l'utilisateur peut reproduire à l'écran. Les valeurs par défaut des paramètres qui sont à initialiser par l'utilisateur et qui apparaissent à l'écran lors de l'utilisation du logiciel, sont ici inscrites entre parenthèses. En présence de choix multiples, l'option considérée dans l'exemple présenté est soulignée d'un trait.

Le module DONNEES est composé de cinq options principales:

1. LECTURE
2. AFFICHAGE
3. STATUT
4. TRANSFORMATION
5. RETOUR

L'organigramme illustrant les diverses composantes de ce module est présenté à la figure 2. On poursuit ci-dessous l'exemple illustrant le module LECTURE présenté au chapitre précédent.

4.1 LECTURE

Cette option permet de lire un fichier de données sans avoir à quitter le logiciel. Lorsque cette option est requise, le nom du fichier lu en début de session apparaît à l'écran de sorte que l'utilisateur peut relire ce même fichier ou entrer le nom d'un autre fichier.

```
>-Nom du fichier:                C:\GEOPAQ\PAQ.GPQ
```

Si, comme dans le cas présent, le fichier est de type "modifié", les paramètres des variables lues sont aussitôt affichés à l'écran et les valeurs des divers paramètres conservées dans le fichier temporaire correspondant sont remises en mémoire; d'autre part, si le fichier était de type "nouveau" (par exemple, PAQ.DAT), l'utilisateur entrerait à nouveau les valeurs des paramètres nécessaires à sa lecture (chapitre 3, description du module LECTURE).

4.2 AFFICHAGE

Cette option permet de visualiser l'emplacement des stations échantillonnées à l'intérieur d'une zone d'intérêt définie par l'utilisateur.

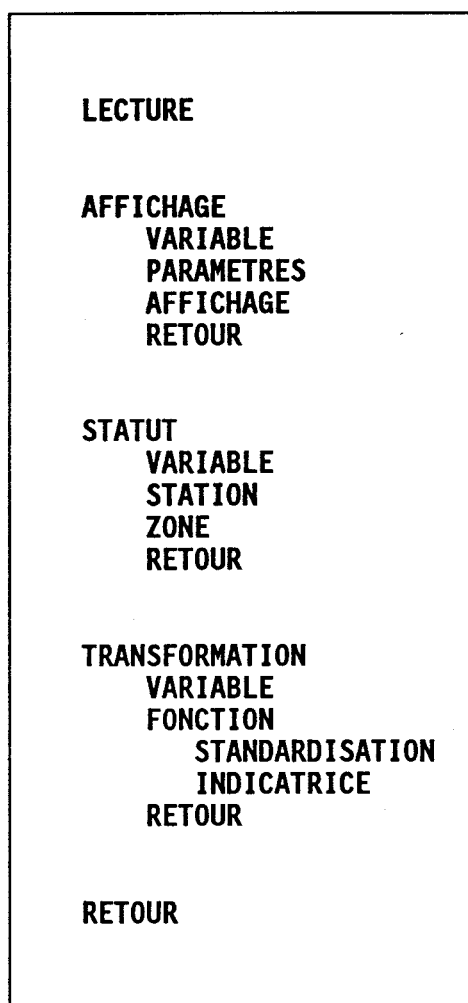
MODULE DONNEES

FIGURE 2 - Organigramme du module DONNEES

4.2.1 VARIABLE

L'utilisateur choisit la variable qu'il veut traiter lorsque deux variables ont été lues. Par défaut, la première variable lue ou la dernière variable traitée est considérée. Par exemple, si les variables PR et DE ont été lues, l'utilisateur qui désire traiter la variable DE, fait apparaître DE à l'écran à l'aide de la barre d'espacement et enregistre son choix en appuyant la touche RETOUR.

- CHOIX DE LA VARIABLE A TRAITER:

>-Nom: <PR / DE> (PR)

Le nom de la variable choisie ainsi que le nombre de valeurs actives et passives apparaissent alors à l'écran:

->Nom: DE
 ->Nombre de valeurs actives: 38
 ->Nombre de valeurs passives: 0

4.2.2 PARAMETRES

L'utilisateur entre les valeurs des paramètres délimitant la zone à l'intérieur de laquelle il désire afficher les stations et précise le type d'information à afficher à l'emplacement de chaque station: aucune information, le numéro d'identification de la station, la valeur de la variable à la station.

*-Nom: DE
 *-Nombre de valeurs actives: 38
 *-Nombre de valeurs passives: 0

- ZONE D'AFFICHAGE:

>-Valeur minimale en abscisse (X): -100 (-46.8805)
 >-Valeur minimale en ordonnée (Y): -300 (-204.612)
 >-Valeur maximale en abscisse (X): 1100 (1049.39)
 >-Valeur maximale en ordonnée (Y): 900 (736.812)
 >-Nombre de pas en abscisse (X): 6 (5)
 >-Nombre de pas en ordonnée (Y): 6 (5)

- STATION:
 >-Information à afficher: <AUCUNE / NUMERO / VALEUR> (AUCUNE)

Les coordonnées minimales et maximales proposées par défaut permettent d'afficher toutes les stations lues. Toutefois, l'utilisateur peut entrer des valeurs permettant l'affichage d'une grille plus régulière. Les paramètres entrés par l'utilisateur sont reproduits à l'écran:

*-Nom:	DE
*-Nombre de valeurs actives:	38
*-Nombre de valeurs passives:	0
- ZONE D'AFFICHAGE -	
*-Coordonnée X minimale:	-100
*-Coordonnée Y minimale:	-300
*-Coordonnée X maximale:	1100
*-Coordonnée Y maximale:	900
*-Nombre de pas selon X:	6
*-Nombre de pas selon Y:	6
->Pas selon X:	200
->Pas selon Y:	200
*-Information à afficher:	NUMERO

4.2.3 AFFICHAGE

Le résultat de l'affichage selon les paramètres entrés plus haut apparaît à la figure 3. Les 38 stations où les données DE sont actives sont marquées par le symbole "+" et identifiées par le numéro de la station. Les 310 valeurs manquantes de la variable traitée ne sont pas affichées.

4.2.4 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

4.3 STATUT

Cette option permet de modifier le statut des données de chacune des variables lues. L'utilisateur peut en effet attribuer un statut actif ou passif à chaque donnée non

manquante, c'est-à-dire dont la valeur est supérieure à la valeur manquante. Une donnée active sera utilisée à l'intérieur de tous les modules de travail alors qu'une donnée passive sera ignorée à l'intérieur des modules STATISTIQUES et STRUCTURE. L'utilisateur peut modifier le statut actif-passif des données de chaque variable traitée de deux façons: par station ou par zone.

4.3.1 VARIABLE

L'utilisateur peut choisir la variable dont il veut modifier le statut lorsque deux variables ont été lues. Par défaut, la première variable lue ou la dernière variable traitée est considérée.

CHOIX DE LA VARIABLE A TRAITER:

>-Nom: <PR / DE> (DE)

Le nom de la variable choisie ainsi que le nombre de valeurs actives et passives apparaissent alors à l'écran:

->Nom: DE
->Nombre de valeurs actives: 38
->Nombre de valeurs passives: 0

4.3.2 STATION

L'utilisateur peut entrer à l'écran le numéro d'identification de la station dont le statut doit être modifié ou faire apparaître tour à tour le numéro d'identification de chacune des stations à l'aide des flèches ascendante et descendante. Lorsque le numéro d'identification désiré est à l'écran, l'utilisateur effectue la modification en appuyant la touche [RETOUR]. Le nouveau statut de la donnée apparaît alors à l'écran. Si le numéro d'identification entré par l'utilisateur n'existe pas ou s'il correspond à une station où la valeur est manquante, un message approprié apparaît et aucune modification n'est effectuée. Par exemple, l'utilisateur peut modifier le statut actif de la station numéro 2 située au nord de l'ensemble des stations affichées à la figure 3.

*-Nom: DE
*-Nombre de valeurs actives: 38
*-Nombre de valeurs passives: 0

CHOIX D'UNE STATION:

>-Numéro de la station: 2 (1)

- RESULTAT DE LA MODIFICATION -

->Nouveau statut de la donnée: PASSIF

->Nombre de valeurs actives: 37

->Nombre de valeurs passives: 1

A la suite d'une telle modification, les paramètres statistiques sont automatiquement recalculés selon une mode de pondération UNIFORME.

4.3.3 ZONE

D'autre part, l'utilisateur peut délimiter une zone et indiquer le statut désiré pour toutes les données situées à l'intérieur de cette zone. Par exemple, considérant toujours la variable DE, l'utilisateur peut rendre actives toutes les données situées entre les coordonnées 0 et 1000 milles est-ouest et entre les coordonnées -150 et 475 milles nord-sud, et passives toutes les données situées à l'extérieur de cette zone. Une telle modification se fait alors en deux étapes. Dans un premier temps, le statut de toutes les données lues est déclaré passif:

*-Nom: DE

*-Nombre de valeurs actives: 37

*-Nombre de valeurs passives: 1

ZONE DE MODIFICATION:

>-Coordonnée X minimale: 2.95 (2.95)

>-Coordonnée Y minimale: -161.82 (-161.82)

>-Coordonnée X maximale: 999.56 (999.56)

>-Coordonnée Y maximale: 694.02 (694.02)

>-Statut des données dans la zone: <ACTIF / PASSIF> (PASSIF)

Les résultats de la modification apparaissent à l'écran:

*-Nom: DE

*-Nombre de valeurs actives: 0

*-Nombre de valeurs passives: 38

- RESULTAT DE LA MODIFICATION -

->Nombre de valeurs actives: 0
 ->Nombre de valeurs passives: 38

On remarque que les coordonnées par défaut délimitant la zone de modification correspondent aux valeurs extrêmes lues pour les deux variables traitées. Dans un second temps, les données situées à l'intérieur de la zone prescrite sont déclarées actives:

*-Nom: DE
 *-Nombre de valeurs actives: 0
 *-Nombre de valeurs passives: 38

ZONE DE MODIFICATION:

>-Coordonnée X minimale: 0 (2.95)
 >-Coordonnée Y minimale: -150 (-161.82)
 >-Coordonnée X maximale: 1000 (999.56)
 >-Coordonnée Y maximale: 475 (694.02)
 >-Statut des données dans la zone: <ACTIF / PASSIF> (PASSIF)

Encore une fois, les résultats de la modification apparaissent à l'écran:

*-Nom: DE
 *-Nombre de valeurs actives: 36
 *-Nombre de valeurs passives: 2

- RESULTAT DE LA MODIFICATION -

->Nombre de valeurs actives: 36
 ->Nombre de valeurs passives: 2

Il y a donc 2 stations sur 38 situées à l'extérieur de la zone prescrite et où les données DE sont dorénavant passives. Encore une fois, suite à de telles modifications, les paramètres statistiques sont automatiquement recalculés (pondération UNIFORME).

4.3.4 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

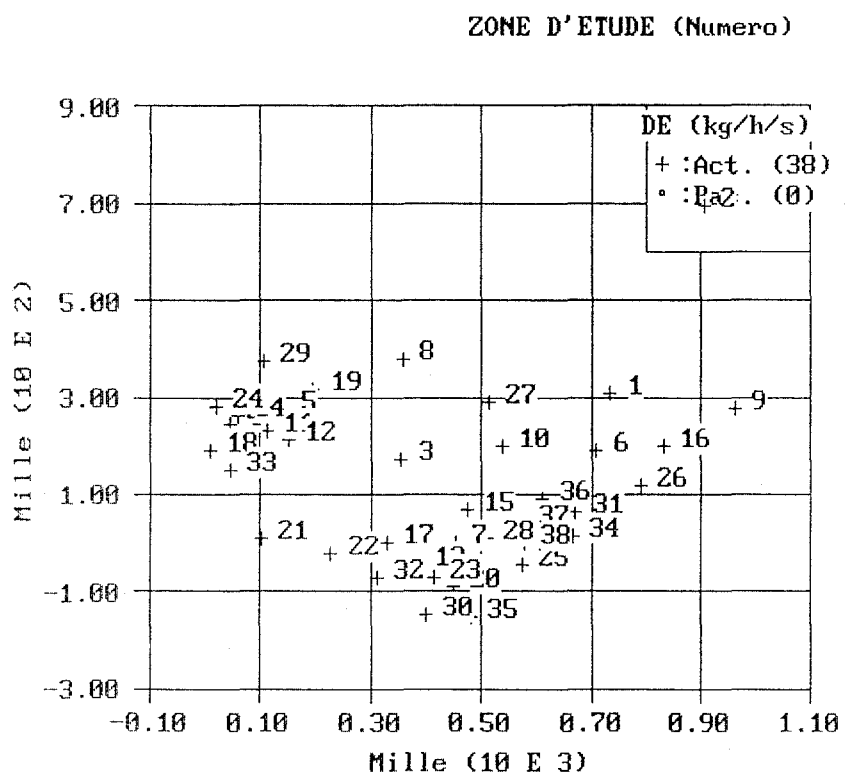


FIGURE 3 - Affichage de l'emplacement et du numéro d'identification des stations situées à l'intérieur de la zone d'intérêt: [DONNEES/ AFFICHAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

4.4 TRANSFORMATION

Cette option permet la transformation d'une variable originale en une nouvelle variable standardisée ou indicatrice.

4.4.1 VARIABLE

L'utilisateur peut choisir la variable qu'il désire transformer lorsque deux variables ont été lues. Par défaut, la première variable lue ou la dernière variable traitée est considérée.

CHOIX DE LA VARIABLE A TRAITER:

>-Nom: <PR / DE> (DE)

Le nom de la variable choisie ainsi que le nombre de valeurs actives et passives sont reproduits à l'écran:

->Nom:	DE
->Nombre de valeurs actives:	36
->Nombre de valeurs passives:	2

4.4.2 FONCTION

L'utilisateur choisit la fonction de transformation désirée, initialise les paramètres requis et fait exécuter la transformation. La variable originale peut être standardisée ou transformée en variable indicatrice par rapport à une valeur-seuil donnée.

4.4.2.1 STANDARDISATION

Une variable standardisée est définie en soustrayant un premier paramètre de la variable originale et en divisant le résultat par un second paramètre. Le plus souvent, le paramètre à soustraire est égal à la moyenne des valeurs originales et le paramètre diviseur est égal à leur écart-type, de sorte que la variable standardisée a une moyenne 0 et une variance 1. La standardisation peut également être faite en ne soustrayant que la moyenne de la variable originale (le paramètre diviseur étant alors égal à 1) ou en ne divisant celle-ci que par l'écart-type (le paramètre à soustraire étant alors égal à 0); cette seconde alternative est utilisée dans la procédure de regroupement temporel de plusieurs variables de même type basée sur le calcul de semi-variogrammes réduits (annexe B; Lebel et al., 1987; Guertin et Villeneuve, 1990).

Par défaut les paramètres à soustraire et diviseur sont respectivement égaux à la moyenne et à l'écart-type des valeurs actives. Par exemple, l'usager peut standardiser la variable DE par rapport à sa moyenne et à son écart-type comme suit:

- VARIABLE ORIGINALE -

*-Nom:	DE
*-Nombre de valeurs actives:	36
*-Nombre de valeurs passives:	2
*-Nombre de valeurs manquantes:	310
*-Valeur manquante:	-9.99
*-Moyenne des valeurs actives:	5.64449
*-Variance des valeurs actives:	5.74115
*-Ecart-type des valeurs actives:	2.39607
*-Type de pondération:	UNIFORME

TRANSFORMATION:

>-Type de transformation:	<STD / IND> (STD)
>-Nom de la variable standardisée:	STD-DE (DE)
>-Nouvelle valeur manquante:	-999.99 (-9.99)
>-Paramètre à soustraire:	5.64449 (5.64449)
>-Paramètre diviseur:	2.39607 (2.39607)

La transformation est alors exécutée et les paramètres statistiques de la variable transformée apparaissent à l'écran:

- VARIABLE TRANSFORMEE -

->Nom:	STD-DE
->Nombre de valeurs actives:	36
->Nombre de valeurs passives:	2
->Nombre de valeurs manquantes:	310
->Valeur manquante:	-999.99
->Moyenne des valeurs actives:	-3.78489e-007
->Variance des valeurs actives:	1
->Ecart-type des valeurs actives:	1
->Type de pondération:	UNIFORME

On remarque qu'à la suite d'une telle transformation, les paramètres statistiques sont immédiatement recalculés selon le mode de pondération courant. Les valeurs originales actives et passives sont transformées et testées par rapport à la nouvelle valeur manquante tandis que les valeurs originales manquantes sont simplement mises égales à la nouvelle valeur manquante.

4.4.2.2 INDICATRICE

La variable indicatrice est égale à 1 lorsque la variable originale est supérieure à la valeur-seuil entrée par l'utilisateur, et égale à 0 autrement. Une telle transformation de la variable originale en variable indicatrice permet à l'utilisateur de calculer la fonction structurale de la variable indicatrice (annexe B) et de faire un krigeage de l'indicatrice de façon à produire des cartes de probabilité de dépassement de la valeur-seuil considérée (Journel, 1983; Guertin et Villeneuve, 1990).

La valeur-seuil proposée par défaut est égale à la moyenne des valeurs actives. Par exemple, l'utilisateur peut transformer la variable STD-DE en une variable indicatrice basée sur une valeur seuil de 0:

- VARIABLE ORIGINALE -

*-Nom:	STD-DE
*-Nombre de valeurs actives:	36
*-Nombre de valeurs passives:	2
*-Nombre de valeurs manquantes:	310
*-Valeur manquante:	-999.99
*-Moyenne des valeurs actives:	-3.78489e-007
*-Variance des valeurs actives:	1
*-Ecart-type des valeurs actives:	1
*-Type de pondération:	UNIFORME

TRANSFORMATION:

>-Type de transformation:	<STD / <u>IND</u> > (STD)
>-Nom de la variable indicatrice:	IND-DE (STD-DE)
>-Nouvelle valeur manquante:	-99.99 (-999.99)
>-Valeur-seuil:	0 (-3.78489e-007)

La transformation est alors exécutée et les paramètres statistiques de la variable transformée apparaissent à l'écran:

- VARIABLE TRANSFORMEE -

->Nom:	IND-DE
->Nombre de valeurs actives:	36
->Nombre de valeurs passives:	2
->Nombre de valeurs manquantes:	310
->Valeur manquante:	-99.99
->Moyenne des valeurs actives:	0.444445
->Variance des valeurs actives:	0.246914
->Ecart-type des valeurs actives:	0.496904
->Type de pondération:	UNIFORME

On remarque encore une fois qu'à la suite d'une telle transformation, les paramètres statistiques sont immédiatement recalculés selon le mode de pondération courant. Les valeurs originales actives et passives sont transformées en valeur "1" ou "0" selon le cas tandis que les valeurs originales manquantes sont simplement mises égales à la nouvelle valeur manquante.

4.4.3 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

4.5 RETOUR

Cette option permet à l'utilisateur de retourner au menu principal.

NOTE:

Avant de passer à la description du module STATISTIQUES au chapitre suivant, l'utilisateur peut vérifier la nature de la variable indicatrice IND-DE en affichant les valeurs de cette nouvelle variable à chaque station échantillonnée. Pour ce faire, il exécute la séquence d'options suivante:

- [DONNEES] -> il retourne au module DONNEES
- [DONNEES/AFFICHAGE] -> il retourne à l'option AFFICHAGE

- [DONNEES/AFFICHAGE/PARAMETRES] -> il initialise les paramètres requis

*-Nom:	IND-DE
*-Nombre de valeurs actives:	36
*-Nombre de valeurs passives:	2

ZONE D’AFFICHAGE:

>-Valeur minimale en abscisse (X):	-100 (-46.8805)
>-Valeur minimale en ordonnée (Y):	-300 (-204.612)
>-Valeur maximale en abscisse (X):	1100 (1049.39)
>-Valeur maximale en ordonnée (Y):	900 (736.812)
>-Nombre de pas en abscisse (X):	6 (6)
>-Nombre de pas en ordonnée (Y):	6 (6)

STATION:

>-Information à afficher: <AUCUNE / NUMERO / VALEUR> (AUCUNE)

- [DONNEES/AFFICHAGE/AFFICHAGE] -> il affiche la zone que l’on retrouve à la figure 4. On remarque que l’emplacement des deux stations dont le statut est passif est marqué par un point et que chaque station (active ou passive) est caractérisée par une valeur indicatrice de 1 ou 0.

- [DONNEES/AFFICHAGE/RETOUR] -> il quitte l’option AFFICHAGE

- [DONNEES/RETOUR] -> il quitte le module DONNEES et retrouve le menu principal.

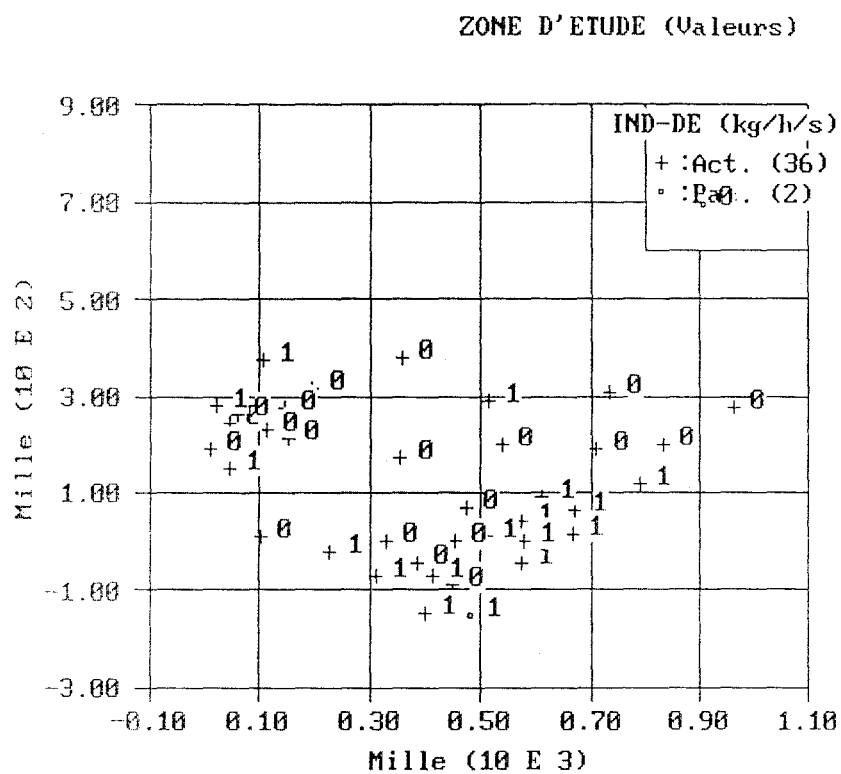


FIGURE 4 - Affichage de l'emplacement et de la valeur indicatrice des stations situées à l'intérieur de la zone d'intérêt: [DONNEES/ AFFICHAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

5 DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE STATISTIQUES

Dans un premier temps, ce module permet le calcul des paramètres statistiques **univariabes** des valeurs actives de chaque variable lue. Les statistiques globales peuvent être pondérées uniformément ou en fonction de l'emplacement des données dans la zone d'étude; ces statistiques sont conservées en mémoire au cours de la session et peuvent être utilisées à l'intérieur d'autres modules. L'histogramme de la variable traitée peut également être calculé, affiché et ses valeurs peuvent être sauvegardées dans un fichier de sortie. Enfin, les statistiques locales des données peuvent être calculées en fonction d'une grille de cellules superposée à la zone d'étude et précisée par l'utilisateur; les paramètres statistiques locaux (moyennes, variances, écarts-types et coefficients de variation) peuvent être affichés sous forme de graphiques et sauvegardés dans un fichier de sortie.

Dans un second temps, ce module permet le calcul des paramètres statistiques **bivariabes** des valeurs actives des deux variables lues. Encore une fois, ces statistiques peuvent être pondérées uniformément ou en fonction de la localisation de chaque donnée à l'intérieur de la zone d'intérêt. Les statistiques globales univariabes et bivariabes sont calculées et un nuage de dispersion des données communes aux deux variables traitées peut être affiché à l'écran.

Au cours de la description qui suit, on a recours aux symboles suivants pour caractériser les informations apparaissant à l'écran:

- *-: rappel d'information
- > -: information à fournir par l'utilisateur
- >: résultats des calculs exécutés.

On présente également un exemple d'application du logiciel que l'utilisateur peut reproduire à l'écran. Les valeurs par défaut des paramètres qui sont à initialiser par l'utilisateur et qui apparaissent à l'écran lors de l'utilisation du logiciel, sont ici inscrites entre parenthèses. En présence de choix multiples, l'option considérée dans l'exemple présenté est soulignée d'un trait.

Le module STATISTIQUES est composé de trois options principales:

1. STATISTIQUES UNIVARIABLES
2. STATISTIQUES BIVARIABLES
3. RETOUR

L'organigramme illustrant les diverses composantes de ce module est présenté à la figure 5. Afin d'illustrer ce module, l'utilisateur reprend l'exemple d'application tel que présenté aux modules LECTURE et DONNEES des chapitres 3 et 4 en omettant toutefois l'étape TRANSFORMATION (section 4.4) où la variable DE est transformée successivement en une variable standardisée (STD-DE) puis en une variable indicatrice (IND-DE). Plus exactement, l'utilisateur relit le fichier C:\GEOPAQ\PAQ.GPQ et reprend l'étape de modification du statut des données telle que décrite à la section 4.3.3 mais cette fois-ci, pour les deux variables PR et DE. Il procède donc comme suit:

[STATISTIQUES/RETOUR] -> il quitte le module STATISTIQUES où il vient tout juste d'entrer

[DONNEES] -> il retourne au module DONNEES

[DONNEE/LECTURE] -> il relit le fichier "modifié" PAQ.GPQ (fichier par défaut)

[DONNEES/STATUT] -> il modifie le statut des variables PR et DE tour à tour

[DONNEES/STATUT/ZONE] -> il entre les paramètres (valeurs par défaut) de la zone de modification de façon à rendre **passives** toutes les données de la variable courante PR (par défaut)

[DONNEES/STATUT/VARIABLE] -> il choisit la variable DE comme variable à modifier

[DONNEES/STATUT/ZONE] -> il entre les paramètres (valeurs par défaut) de la zone de modification de façon à rendre **passives** toutes les données de la variable courante DE

[DONNEES/STATUT/ZONE] -> il entre les paramètres de la zone de modification de façon à rendre **actives** les données de la variable courante DE situées entre 0 et 1000 milles (est-ouest) et -150 et 475 milles (nord-sud)

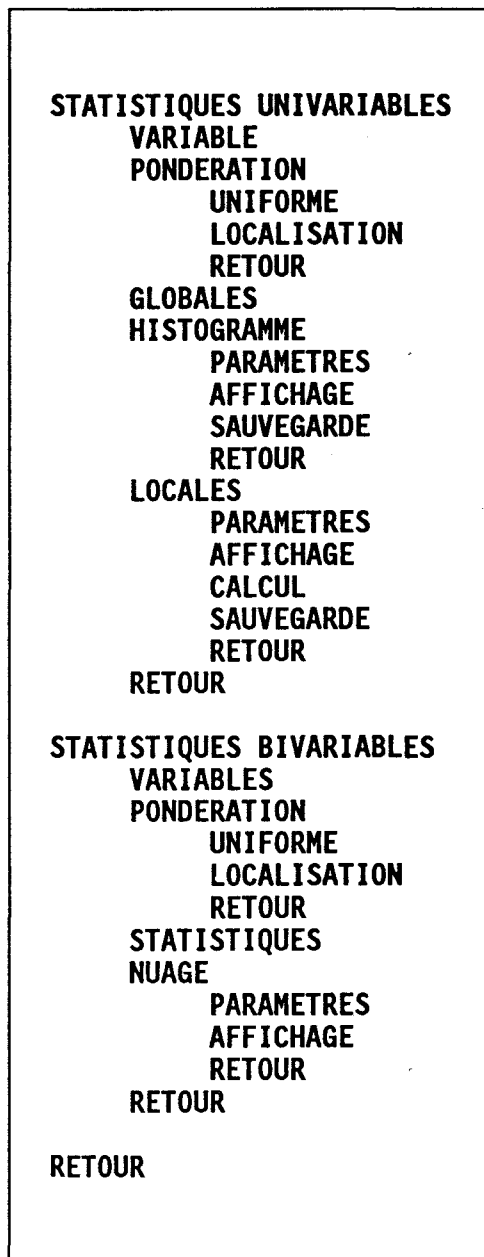
MODULE STATISTIQUES

FIGURE 5 - Organigramme du module STATISTIQUES

[DONNEES/STATUT/VARIABLE] -> il choisit la variable PR comme variable à modifier

[DONNEES/STATUT/ZONE] -> il entre les paramètres de la zone de modification de façon à rendre **actives** les données de la variable courante PR situées entre 0 et 1000 milles (est-ouest) et -150 et 475 milles (nord-sud)

[DONNEES/STATUT/RETOUR] -> il quitte l'option STATUT

[DONNEES/RETOUR] -> il quitte le module DONNEES

[STATISTIQUES] -> il retourne au module STATISTIQUES

5.1 STATISTIQUES UNIVARIABLES

Cette option permet de calculer les statistiques univariées globales et locales ainsi que les histogrammes de fréquences d'une des variables lues.

5.1.1 VARIABLE

L'utilisateur peut choisir la variable dont les statistiques et les histogrammes seront calculés. Si plus d'une variable ont été lues, la première variable lue ou la dernière variable traitée est considérée par défaut.

CHOIX DE LA VARIABLE A TRAITER:

>-Nom: <PR / DE> (PR)

Le nom de la variable choisie ainsi que le nombre de valeurs actives et passives sont reproduits à l'écran:

->Nom:	PR
->Nombre de valeurs actives:	332
->Nombre de valeurs passives:	16

5.1.2 PONDERATION

L'utilisateur décide du mode de pondération des données actives utilisées lors du calcul des paramètres statistiques.

5.1.2.1 UNIFORME

Chaque donnée active reçoit un poids égal à 1 sur le nombre de données actives. Cette composante est considérée par défaut dès la lecture des données. Dans l'exemple présenté, un poids de $1/332 = .003012$ est attribué à chaque donnée active de la variable PR.

5.1.2.2 LOCALISATION

Cette composante attribue un poids à chaque donnée active en fonction de son emplacement à l'intérieur d'une grille de cellules superposée à la zone d'étude. Chaque donnée active située à l'intérieur d'une cellule reçoit un poids égal à 1 sur le nombre de données actives dans la cellule multiplié par le nombre de cellules contenant au moins une donnée active, de sorte que la somme des poids de toutes les données actives est égale à 1.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

ZONE DE PONDERATION:

>-Coordonnée X minimale:	0 (2.95)
>-Coordonnée Y minimale:	-150 (-161.82)
>-Coordonnée X maximale:	1000 (999.56)
>-Coordonnée Y maximale:	475 (694.02)
>-Nombre de pas en abscisse (X):	8 (5)
>-Nombre de pas en ordonnée (Y):	5 (5)

Les valeurs par défaut des limites de la zone de pondération correspondent aux valeurs extrêmes lues pour la ou les deux variables traitées (section 3.2). La pondération est réalisée et les paramètres suivants apparaissent à l'écran:

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

```

- ZONE DE PONDERATION -
*-Coordonnée X minimale:           0
*-Coordonnée Y minimale:          -150
*-Coordonnée X maximale:           1000
*-Coordonnée Y maximale:           475
*-Nombre de pas selon X:            8
*-Nombre de pas selon Y:            5
->Pas selon X:                      125
->Pas selon Y:                      125

```

```

- RESULTAT DE LA PONDERATION -
->Nombre total de cellules:         40
->Nombre de cellules avec données actives: 33
->Nombre de données actives hors zone: 0

```

Le poids des valeurs non-actives (passives et manquantes) est mis égal à 0 de même que, s'il y a lieu, le poids des valeurs actives hors zone; la présence de telles valeurs indique une délimitation inadéquate de la zone de pondération et incite donc l'utilisateur à redéfinir celle-ci de façon à inclure toutes les données actives. Le nombre de cellules contenant au moins une donnée active est également affiché afin de permettre à l'utilisateur de redéfinir la zone de pondération si trop peu de cellules contiennent des données actives. Enfin, l'option LOCALISATION doit être mise en opération par l'utilisateur pour chaque variable traitée alors que l'option UNIFORME est considérée par défaut dès la lecture des données.

5.1.2.3 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

5.1.3 GLOBALES

L'utilisateur déclenche le calcul des paramètres statistiques globaux basés sur les valeurs actives de la variable choisie. Ces statistiques sont calculées en fonction du mode de pondération en opération (UNIFORME ou LOCALISATION). Dans le présent exemple, on obtient:

- STATISTIQUES -

*-Nom:	PR
*-Unité:	mm
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
*-Mode de pondération:	LOCALISATION
->Moyenne:	188.356
->Variance:	2297.08
->Ecart-type:	47.9279
->Coefficient de variation:	0.254454
->Valeur active minimale:	66.9
->Valeur active médiane:	201.5
->Valeur active maximale:	382.5

5.1.4 HISTOGRAMME

L'utilisateur calcule quatre histogrammes de fréquences basés sur les valeurs actives de la variable traitée: fréquences absolues par classe (FA), fréquences absolues cumulées (FAC), fréquences relatives par classe (FR) et fréquences relative cumulées (FRC). Chaque donnée active servant au calcul des ces histogrammes est pondérée selon l'option de pondération courante. L'utilisateur entre d'abord les valeurs des paramètres décrivant les histogrammes désirés; il peut ensuite afficher ces histogrammes et sauvegarder leurs valeurs dans un fichier de sortie.

5.1.4.1 PARAMETRES

L'utilisateur entre les paramètres définissant les histogrammes désirés. Les valeurs par défaut sont telles que toutes les valeurs actives sont retenues; l'utilisateur peut toutefois les modifier au besoin.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

PARAMETRES DE L'HISTOGRAMME:

>-Limite inférieure: 0 (51.12)
 >-Limite supérieure: 400 (398.28)
 >-Nombre de classes: 10 (10)

Les paramètres entrés ainsi que le nombre de données actives retenues sont reproduits à l'écran:

*-Nom: PR
 *-Nombre de valeurs actives: 332
 *-Nombre de valeurs passives: 16

- PARAMETRES DE L'HISTOGRAMME -

*-Limite inférieure: 0
 *-Limite supérieure: 400
 *-Nombre de classes: 10

->Nombre de données actives retenues: 332

5.1.4.2 AFFICHAGE

L'utilisateur affiche un des quatre histogrammes de fréquences calculés selon les paramètres entrés.

*-Nom: PR
 *-Nombre de valeurs actives: 332
 *-Nombre de valeurs passives: 16

- PARAMETRES DE L'HISTOGRAMME -

*-Limite inférieure: 0
 *-Limite supérieure: 400
 *-Nombre de classes: 10

*-Nombre de données actives retenues: 332

AFFICHAGE DE L'HISTOGRAMME:

>-Type d'histogramme: < FA / FAC / FR / FRC> (FA)

L'histogramme des fréquences absolues (FA) est présenté à la figure 6. On retrouve en légende les nom et unité de la variable traitée ainsi que le mode de pondération en usage et le nombre de valeurs actives retenues. Les figures 7, 8 et 9 illustrent respectivement les histogrammes correspondants de fréquences absolues cumulées (FAC), de fréquences relatives (FR) et de fréquences relatives cumulées (FRC).

5.1.4.3 SAUVEGARDE

L'utilisateur peut sauvegarder les résultats des quatre histogrammes calculés dans un fichier dont les nom et extension par défaut sont prescrits respectivement par le nom du fichier d'entrée (PAQ) et par le contenu de ce fichier de sortie (HIS); l'utilisateur peut toutefois modifier les nom et extension de ce fichier.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
>-Nom du fichier:	<u>PAQ.HIS</u>

Le fichier PAQ.HIS est composé comme suit:

Nom:	PR
Unité:	mm
Nombre de données actives retenues:	332
Mode de pondération:	LOCALISATION

Pour chaque classe de l'histogramme:

- Colonne 1: numéro de la classe (I)
- Colonne 2: borne inférieure de la classe (BINF)
- Colonne 3: borne supérieure de la classe (BSUP)
- Colonne 4: nombre de valeurs de la classe (NBRE)
- Colonne 5: fréquence absolue de la classe (FA)
- Colonne 6: fréquence absolue cumulée de la classe (FAC)
- Colonne 7: fréquence relative de la classe (FR)
- Colonne 8: fréquence relative cumulée de la classe (FRC)

Un exemple du fichier de sortie PAQ.HIS est présenté au tableau 1.

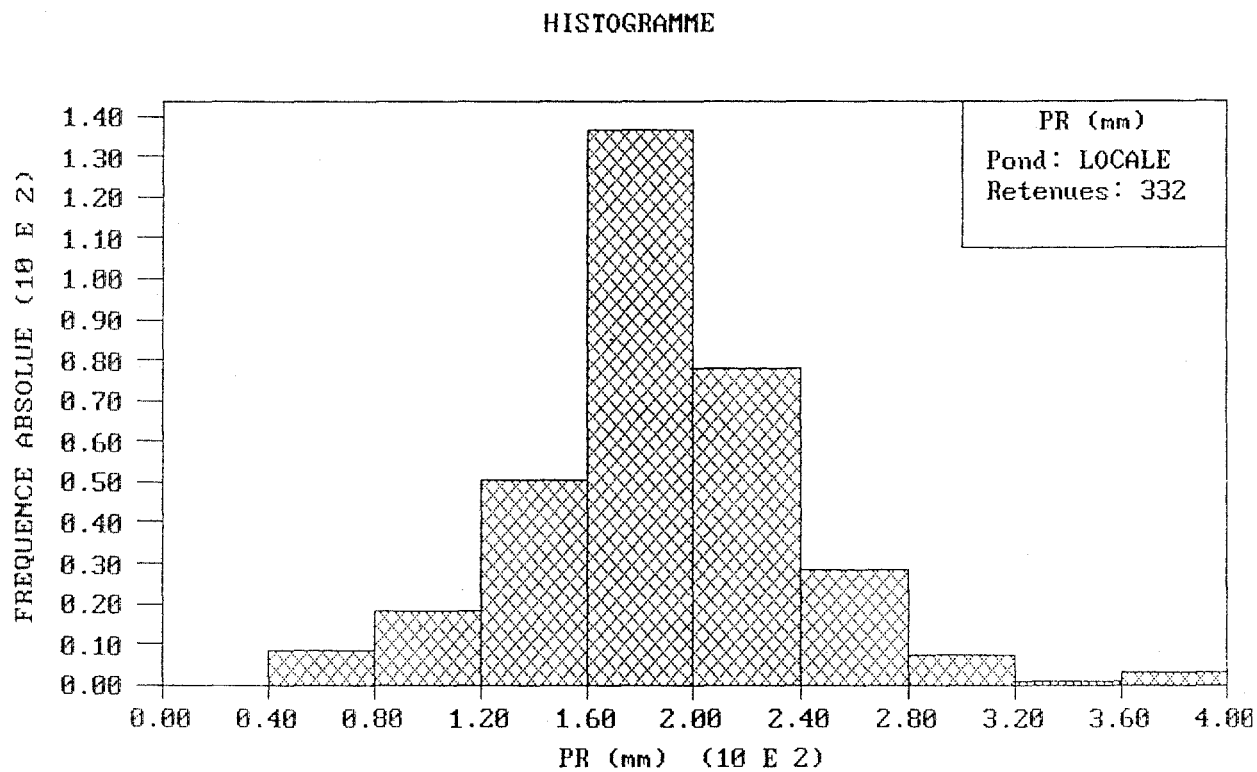


FIGURE 6 - Affichage de l'histogramme des fréquences absolues (FA) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ HISTOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

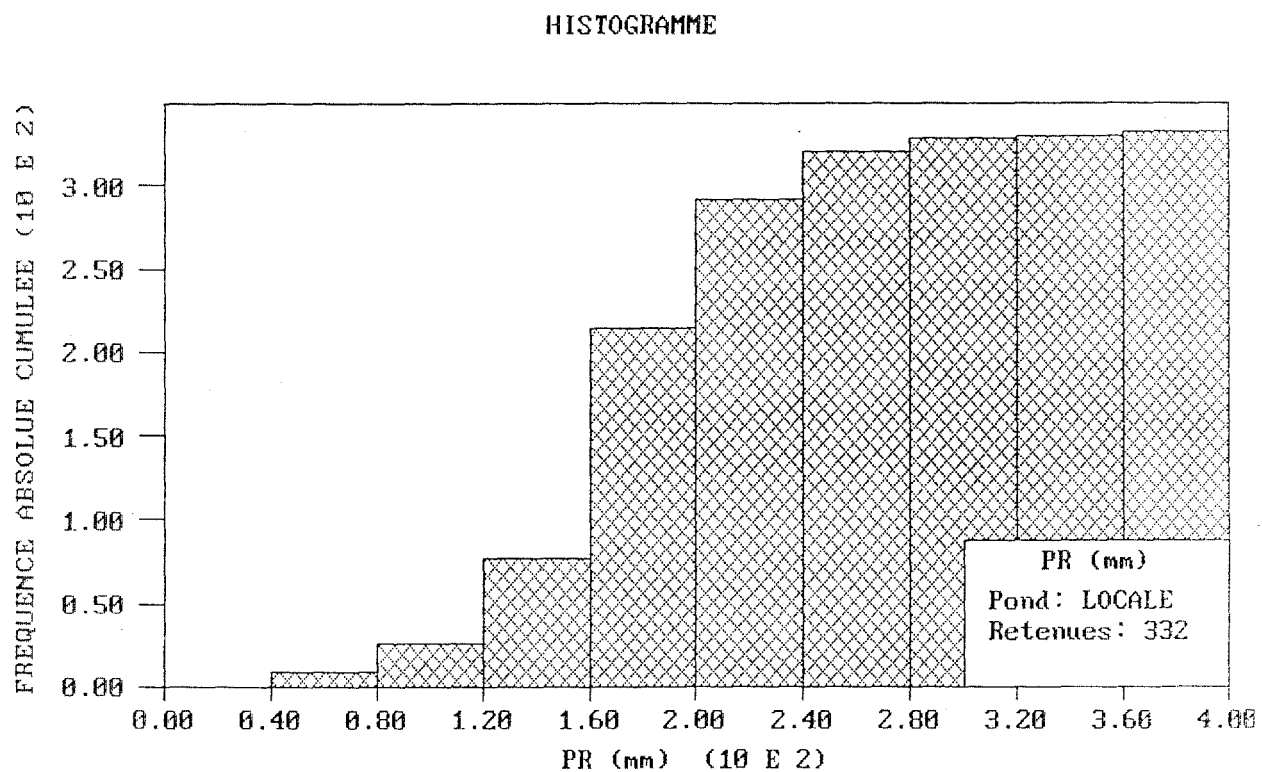


FIGURE 7 - Affichage de l'histogramme des fréquences absolues cumulées (FAC) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ HISTOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

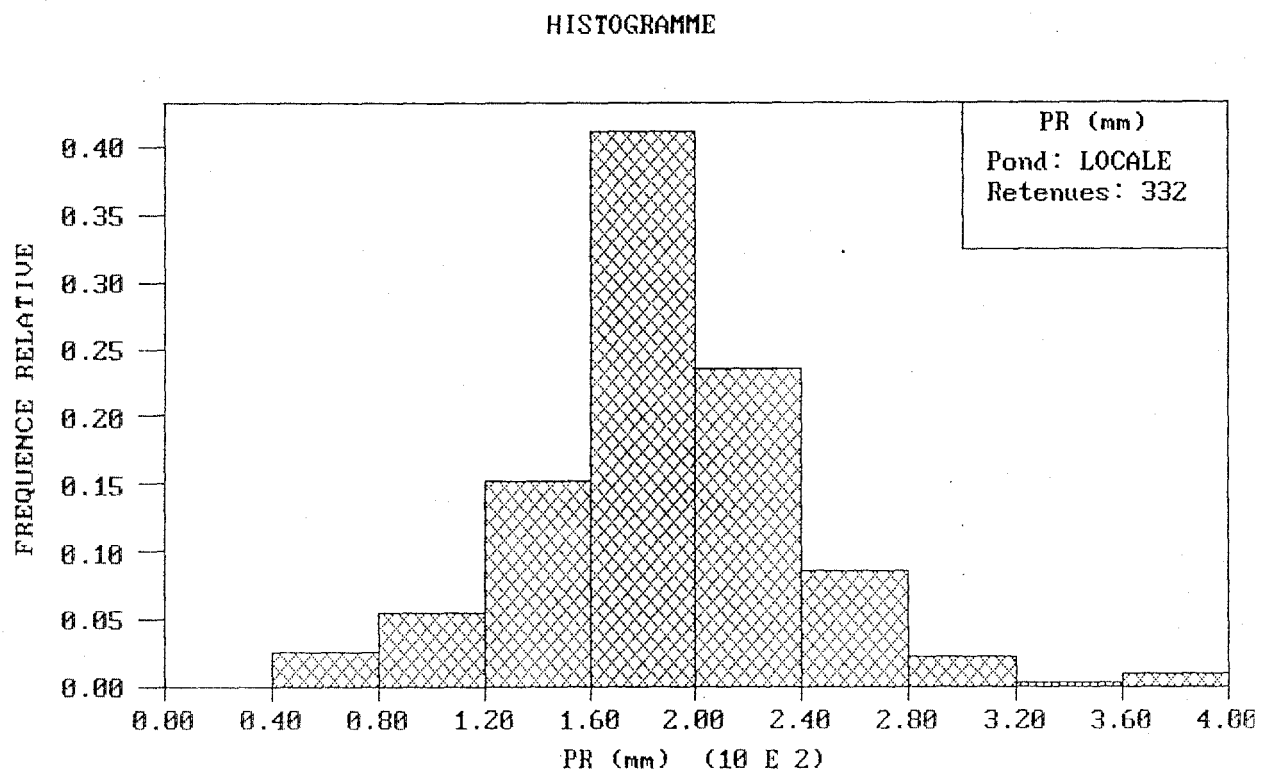


FIGURE 8 - Affichage de l'histogramme des fréquences relatives (FR) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ HISTOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

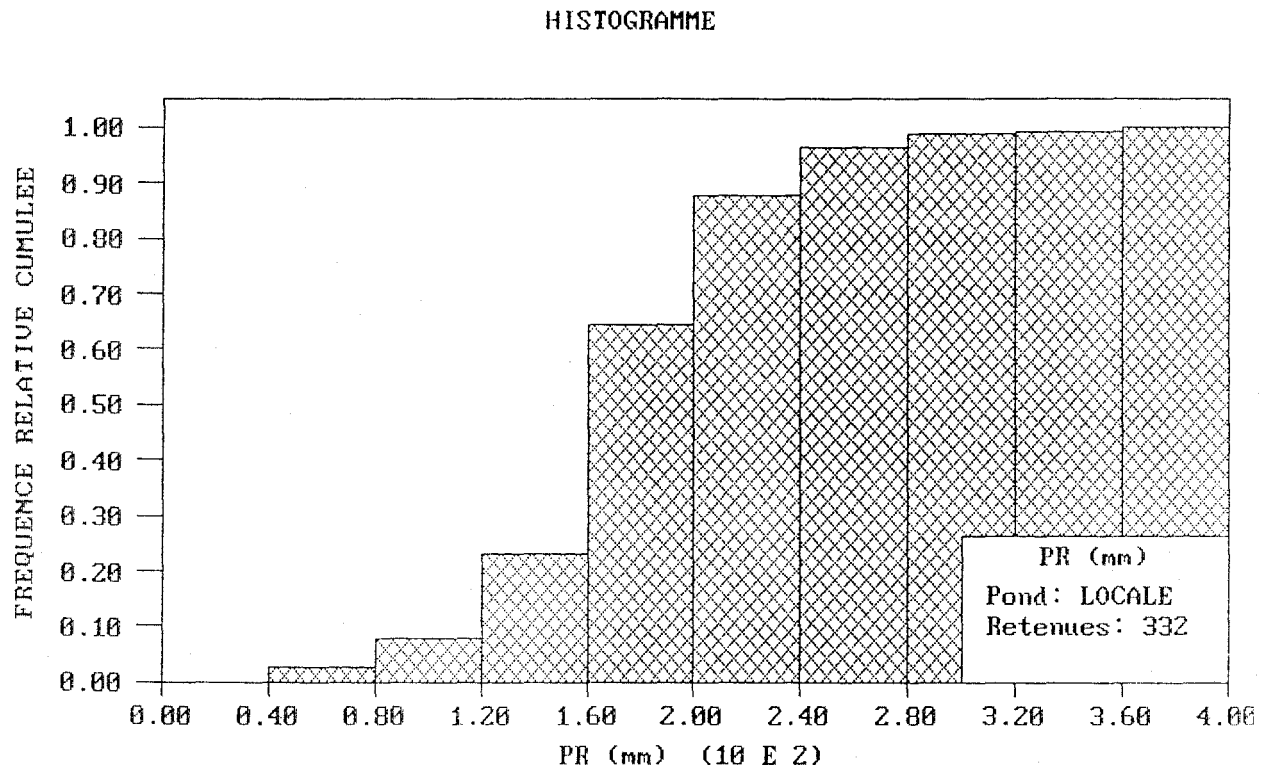


FIGURE 9 - Affichage de l'histogramme des fréquences relatives cumulées (FRC) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ HISTOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

Nom: PR
 Unité: mm
 Nombre de données act. retenues: 332
 Mode de pondération: LOCALISATION

I	BINF	BSUP	NBRE	FA	FAC	FR	FRC
1	0.00	40.00	0	0.00	0.00	0.0000	0.0000
2	40.00	80.00	5	8.28	8.28	0.0249	0.0249
3	80.00	120.00	10	18.18	26.46	0.0547	0.0797
4	120.00	160.00	42	50.62	77.08	0.1525	0.2322
5	160.00	200.00	105	136.59	213.67	0.4114	0.6436
6	200.00	240.00	104	78.13	291.80	0.2353	0.8789
7	240.00	280.00	42	28.35	320.15	0.0854	0.9643
8	280.00	320.00	17	7.70	327.85	0.0232	0.9875
9	320.00	360.00	3	1.18	329.03	0.0036	0.9911
10	360.00	400.00	4	2.97	332.00	0.0089	1.0000

TABLEAU 1 - Fichier de sortie PAQ.HIS

5.1.4.4 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

5.1.5 LOCALES

L'utilisateur calcule les paramètres statistiques locaux des valeurs actives de la variable choisie en fonction d'une grille de cellules superposée à la zone d'étude. En présence d'un nombre important de données actives, il est pertinent de vérifier la possibilité d'un phénomène non-stationnaire à l'intérieur de la zone d'étude; il peut, par exemple, exister un effet proportionnel entre les moyennes et les variances des données regroupées localement à l'intérieur de la zone d'étude; un tel effet remet en question l'utilisation du semi-variogramme et favorise celle du 1-corrélogramme (Srivastava et Parker, 1989; annexe B).

L'utilisateur calcule donc les paramètres statistiques (moyenne, variance, écart-type, coefficient de variation) des données actives localisées à l'intérieur de chacune des cellules formant une grille superposée à la zone d'étude.

5.1.5.1 PARAMETRES

L'utilisateur entre les paramètres décrivant la grille de cellules désirée; les valeurs par défaut correspondent aux limites de la zone de pondération établies à l'étape 5.1.2.2.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

PARAMETRES DE LA GRILLE:

>-Valeur minimale en abscisse (X):	0 (0)
>-Valeur minimale en ordonnée (Y):	-150 (-150)
>-Valeur maximale en abscisse (X):	1000 (1000)
>-Valeur maximale en ordonnée (Y):	475 (475)
>-Nombre de pas en abscisse (X):	8 (8)
>-Nombre de pas en ordonnée (Y):	5 (5)

Les paramètres de la grille apparaissent à nouveau à l'écran:

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
- PARAMETRES DE LA GRILLE -	
*-Coordonnée X minimale:	0
*-Coordonnée Y minimale:	-150
*-Coordonnée X maximale:	1000
*-Coordonnée Y maximale:	475
*-Nombre de pas selon X:	8
*-Nombre de pas selon Y:	5
->Pas selon X:	125
->Pas selon Y:	125

5.1.5.2 CALCUL

L'utilisateur effectue le calcul des statistiques locales selon les paramètres de la grille entrés précédemment.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
- PARAMETRES DE LA GRILLE -	
*-Coordonnée X minimale:	0
*-Coordonnée Y minimale:	-150
*-Coordonnée X maximale:	1000
*-Coordonnée Y maximale:	475
*-Nombre de pas selon X:	8
*-Nombre de pas selon Y:	5
*-Pas selon X:	125
*-Pas selon Y:	125

- RESULTAT DU CALCUL DES STATISTIQUES LOCALES -

->Nombre total de cellules: 40
 ->Nombre de cellules avec données actives: 33
 ->Nombre de données actives hors zone: 0

Le nombre de cellules avec données actives est affiché de même que le nombre de données actives localisées en dehors de la grille de cellules; tout comme dans le cas de la zone de pondération, l'utilisateur peut, au besoin, réajuster les paramètres décrivant la grille de façon à inclure toutes les données actives et à remplir une forte proportion des cellules.

5.1.5.3 AFFICHAGE

L'utilisateur peut ensuite afficher un graphique qui présente en abscisse les moyennes locales élevées à une puissance entrée par l'utilisateur, et en ordonnée, les variances, écarts-types ou coefficients de variation locaux correspondants. La puissance à laquelle les moyennes locales sont élevées varie entre 0 et 2. Par exemple, un tel graphique permet d'observer, s'il y a lieu, un effet proportionnel entre les moyennes locales au carré et les variances correspondantes.

*-Nom: PR
 *-Nombre de valeurs actives: 332
 *-Nombre de valeurs passives: 16

AFFICHAGE DES STATISTIQUES LOCALES:

>-Puissance de la moyenne: 2 (1)
 >-Paramètre en ordonnée: <VAR / EC-TY / C-VAR> (VAR)
 >-Valeur minimale en abscisse (X): 10000 (12399.2)
 >-Valeur minimale en ordonnée (Y): 0 (0)
 >-Valeur maximale en abscisse (X): 65000 (61186)
 >-Valeur maximale en ordonnée (Y): 5000 (4615.36)
 >-Nombre de pas en abscisse (X): 5 (5)
 >-Nombre de pas en ordonnée (Y): 5 (5)

Les nom et unité de la variable traitée ainsi que le nombre de cellules contenant plus d'une donnée active apparaissent dans la légende du graphique (figure 10). Chaque cellule contenant plus d'une donnée active est représentée par une croix et identifiée par le nombre de données qu'elle contient.

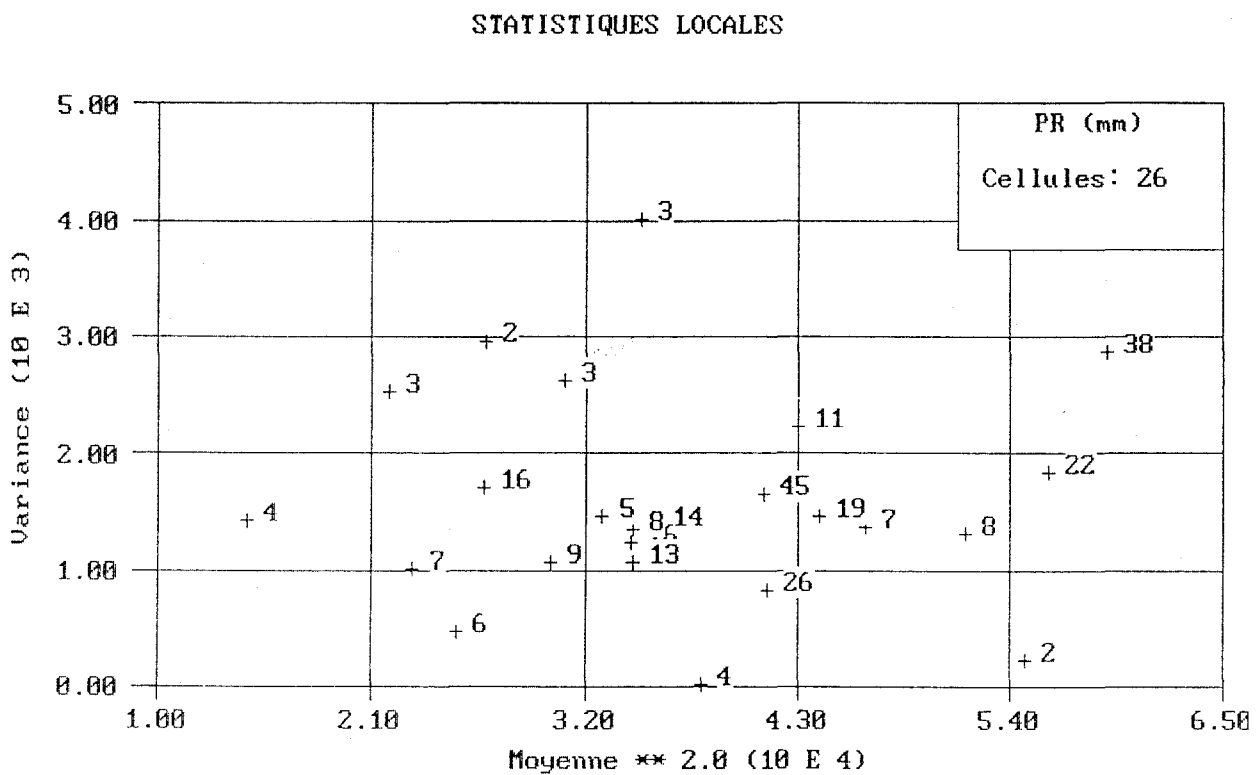


FIGURE 10 - Affichage des statistiques locales (moyennes² vs variances) pour la variable PR: [STATISTIQUES/ UNIVARIABLES/ LOCALES/ PARAMETRES - CALCUL - AFFICHAGE]

5.1.5.4 SAUVEGARDE

L'utilisateur peut sauvegarder les paramètres statistiques locaux calculés dans un fichier dont le nom et l'extension par défaut sont prescrits respectivement par le nom du fichier d'entrée (PAQ) et par le contenu de ce fichier de sortie (LOC); l'utilisateur peut toutefois modifier le nom et l'extension de ce fichier.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
>-Nom du fichier:	<u>PAQ.LOC</u>

Le fichier PAQ.LOC est composé comme suit:

Nom:	PR
Unité:	mm

Nombre de données actives retenues:	332
-------------------------------------	-----

Pour chaque cellule de la grille:

- Colonne 1: numéro de la cellule (I)
- Colonne 2: nombre de données actives de la cellule (NBRE)
- Colonne 3: moyenne de la cellule (MOYENNE)
- Colonne 4: variance de la cellule (VARIANCE)
- Colonne 5: écart-type de la cellule (ECART-TYPE)
- Colonne 6: coefficient de variation de la cellule (COEF-VAR)

Un exemple du fichier de sortie PAQ.LOC est présenté au tableau 2.

5.1.5.5 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

5.1.6 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu principal.

Nom: PR
 Unité: mm
 Nombre de données actives retenues: 332

I	NBRE	MOYENNE	VARIANCE	ECART-TYPE	COEF-VAR
1	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	2	234.1000	222.0107	14.9000	0.0636
3	11	207.2000	2228.6255	47.2083	0.2278
4	16	163.7000	1710.8455	41.3624	0.2527
5	3	148.0333	2525.9099	50.2584	0.3395
6	7	215.5142	1364.5558	36.9399	0.1714
7	4	194.7000	11.0460	3.3236	0.0171
8	3	186.6333	4010.1614	63.3258	0.3393
9	5	181.3400	1451.7886	38.1023	0.2101
10	3	175.9000	2629.7288	51.2809	0.2915
11	26	203.3037	829.1478	28.7949	0.1416
12	8	227.3375	1313.5458	36.2429	0.1594
13	2	164.1500	2964.8008	54.4500	0.3317
14	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	4	120.9000	1418.8641	37.6678	0.3116
16	45	202.8443	1640.6304	40.5047	0.1997
17	16	185.3374	1229.6862	35.0669	0.1892
18	1	169.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	1	154.7000	0.0000	0.0000	0.0000
20	1	168.2000	0.0000	0.0000	0.0000
21	38	242.8340	2864.2915	53.5191	0.2204
22	29	229.1827	4133.4360	64.2918	0.2805
23	5	233.5800	4385.1343	66.2203	0.2835
24	13	185.4615	1074.8046	32.7842	0.1768
25	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	9	173.7777	1068.0487	32.6810	0.1881
27	22	236.6817	1831.2039	42.7926	0.1808
28	19	209.8157	1460.4395	38.2157	0.1821
29	1	140.7000	0.0000	0.0000	0.0000
30	1	182.2000	0.0000	0.0000	0.0000
31	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	1	185.1000	0.0000	0.0000	0.0000
33	14	188.7071	1387.5463	37.2498	0.1974
34	7	152.1571	1011.5278	31.8045	0.2090
35	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
37	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	8	185.4625	1349.5808	36.7366	0.1981
39	6	159.5000	466.1220	21.5899	0.1354
40	1	207.7000	0.0000	0.0000	0.0000

TABLEAU 2 - Fichier des sortie PAQ.LOC

5.2 STATISTIQUES BIVARIABLES

Cette option permet de calculer les statistiques globales univariées et bivariées des deux variables lues. Cette option n'est toutefois disponible que si deux variables sont lues.

5.2.1 VARIABLES

L'utilisateur identifie les deux variables dont il veut calculer les statistiques. Par défaut, les deux variables sont considérées selon leur ordre de lecture ou selon leur séquence courante.

CHOIX DES VARIABLES A TRAITER:

>-Nom de la première variable à traiter: PR (PR)

>-Nom de la deuxième variable à traiter: DE (DE)

Le nom des variables ainsi que leurs nombres de valeurs actives et passives apparaissent alors à l'écran:

->Nom:	PR	DE
->Nombre de valeurs actives:	332	36
->Nombre de valeurs passives:	16	2

5.2.2 PONDERATION

L'utilisateur décide du mode de pondération des données actives des deux variables traitées.

5.2.2.1 UNIFORME

Pour chacune des deux variables, chaque donnée active reçoit un poids égal à 1 sur le nombre de données actives. Cette composante est considérée par défaut, dès la lecture des données. Dans l'exemple présenté, un poids de $1/332 = .003012$ est attribué à chaque donnée active de la variable PR; de la même façon, un poids de $1/36 = .0277778$ est attribué à chaque donnée active de la variable DE.

5.2.2.2 LOCALISATION

Pour chacune des deux variables traitées, cette composante attribue un poids à chaque donnée active en fonction de son emplacement à l'intérieur d'une grille de cellules superposée à la zone d'étude. Chaque donnée située à l'intérieur d'une cellule reçoit un poids égal à 1 sur le nombre de données dans la cellule multiplié par le nombre de cellules contenant au moins une donnée active de sorte que la somme des poids de toutes les données actives est égale à 1. Les paramètres décrivant la grille de pondération sont identiques pour les deux variables traitées et les valeurs par défaut proposées sont celles de la dernière pondération par localisation effectuée pour l'une ou l'autre des variables (i.e., pour PR dans le présent exemple, section 5.1.2.2).

*-Nom:	PR	DE
*-Nombre de valeurs actives:	332	36
*-Nombre de valeurs passives:	16	2

ZONE DE PONDERATION:

>-Valeur minimale en abscisse (X):	0 (0)
>-Valeur minimale en ordonnée (Y):	-150 (-150)
>-Valeur maximale en abscisse (X):	1000 (1000)
>-Valeur maximale en ordonnée (Y):	475 (475)
>-Nombre de pas en abscisse (X):	8 (8)
>-Nombre de pas en ordonnée (Y):	5 (5)

La pondération est alors réalisée et les paramètres suivants apparaissent à l'écran:

*-Nom:	PR	DE
*-Nombre de valeurs actives:	332	36
*-Nombre de valeurs passives:	16	2

- ZONE DE PONDERATION -

*-Coordonnée X minimale:	0
*-Coordonnée Y minimale:	-150
*-Coordonnée X maximale:	1000
*-Coordonnée Y maximale:	475
*-Nombre de pas selon X:	8
*-Nombre de pas selon Y:	5
->Pas selon X:	125
->Pas selon Y:	125

- RESULTAT DE LA PONDERATION -

->Nombre total de cellules:	40	40
->Nombre de cellules avec données:	33	22
->Nombre de données actives hors zone:	0	0

La pondération se fait **simultanément** pour les deux variables. Le poids des valeurs non-actives (passives et manquantes) est égal à 0 de même que, s'il y a lieu, le poids des valeurs actives hors zone; la présence de telles valeurs pour l'une ou l'autre des variables indique une délimitation inadéquate de la zone de pondération et incite l'utilisateur à redéfinir celle-ci de façon à inclure toutes les données actives. Le nombre de cellules contenant au moins une donnée active est également affiché afin de permettre à l'utilisateur de redéfinir la zone de pondération si trop peu de cellules contiennent des données actives. Enfin, il est important de rappeler que l'option LOCALISATION doit être mise en opération par l'utilisateur et qu'elle est alors opérationnelle pour les deux variables; d'autre part, l'option UNIFORME est considérée par défaut pour les deux variables dès la lecture des données.

5.2.2.3 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

5.2.3 STATISTIQUES

L'utilisateur déclenche le calcul des paramètres statistiques globaux des valeurs actives des deux variables traitées. Ces statistiques sont calculées en fonction du mode de pondération en opération (UNIFORME ou LOCALISATION) pour chacune des deux variables; il faut noter que le calcul du coefficient de corrélation n'est pas affecté par le mode de pondération.

- STATISTIQUES -

*-Nom:	PR	DE
*-Unité:	mm	kg/h/s
*-Nombre de valeurs actives:	332	36
*-Nombre de valeurs passives:	16	2
*-Mode de pondération:	LOCAL	LOCAL

->Moyenne:	188.356	5.17202
->Variance:	2297.08	4.2048
->Ecart-type:	47.9279	2.05056
->Coefficient de variation:	.254454	.396472
->Nombre de valeurs actives communes:	36	
->Coefficient de corrélation:	0.886822	
->Valeur active minimale:	66.9	0.8715
->Valeur active médiane:	201.5	5.338
->Valeur active maximale:	382.5	13.3142

5.2.4 NUAGE

L'utilisateur entre les paramètres délimitant les deux variables traitées et affiche le nuage de dispersion de leurs données actives **communes**. La première variable, PR dans le cas présent, est affichée en abscisse alors que la seconde, DE, apparaît en ordonnée.

5.2.4.1 PARAMETRES

L'utilisateur entre les valeurs limites des deux variables formant le nuage de dispersion désiré. Les valeurs par défaut assurent l'affichage de toutes les paires de données communes.

*-Nom:	PR	DE
*-Nombre de valeurs actives:	332	36
*-Nombre de valeurs passives:	16	2

NUAGE DE DISPERSION:

>-Valeur minimale en abscisse (X):	51.12 (51.12)
>-Valeur minimale en ordonnée (Y):	0.249365 (0.249365)
>-Valeur maximale en abscisse (X):	398.28 (398.28)
>-Valeur maximale en ordonnée (Y):	13.9363 (13.9363)
>-Nombre de pas en abscisse (X):	5 (5)
>-Nombre de pas en ordonnée (Y):	5 (5)

Les paramètres de la zone d'affichage du nuage sont reproduits à l'écran:

*-Nom:	PR	DE
*-Nombre de valeurs actives:	332	36
*-Nombre de valeurs passives:	16	2
- ZONE D'AFFICHAGE -		
*-Coordonnée X minimale:	51.12	
*-Coordonnée Y minimale:	0.249365	
*-Coordonnée X maximale:	398.52	
*-Coordonnée Y maximale:	13.9363	
*-Nombre de pas selon X:	5	
>-Nombre de pas selon Y:	5	
->Pas selon X:	69.432	
->Pas selon Y:	2.73739	

Lorsque l'utilisateur modifie les limites de la zone d'affichage, il doit s'assurer que le nombre de valeurs actives incluses dans le nuage est toujours égal au nombre de valeurs actives communes.

5.2.4.2 AFFICHAGE

L'utilisateur affiche le nuage de dispersion selon les paramètres entrés plus-haut (figure 11). La légende indique le nombre de données communes ainsi que la valeur du coefficient de corrélation.

5.2.4.3 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

5.2.5 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

5.3 RETOUR

Cette option permet à l'utilisateur de retourner au menu principal.

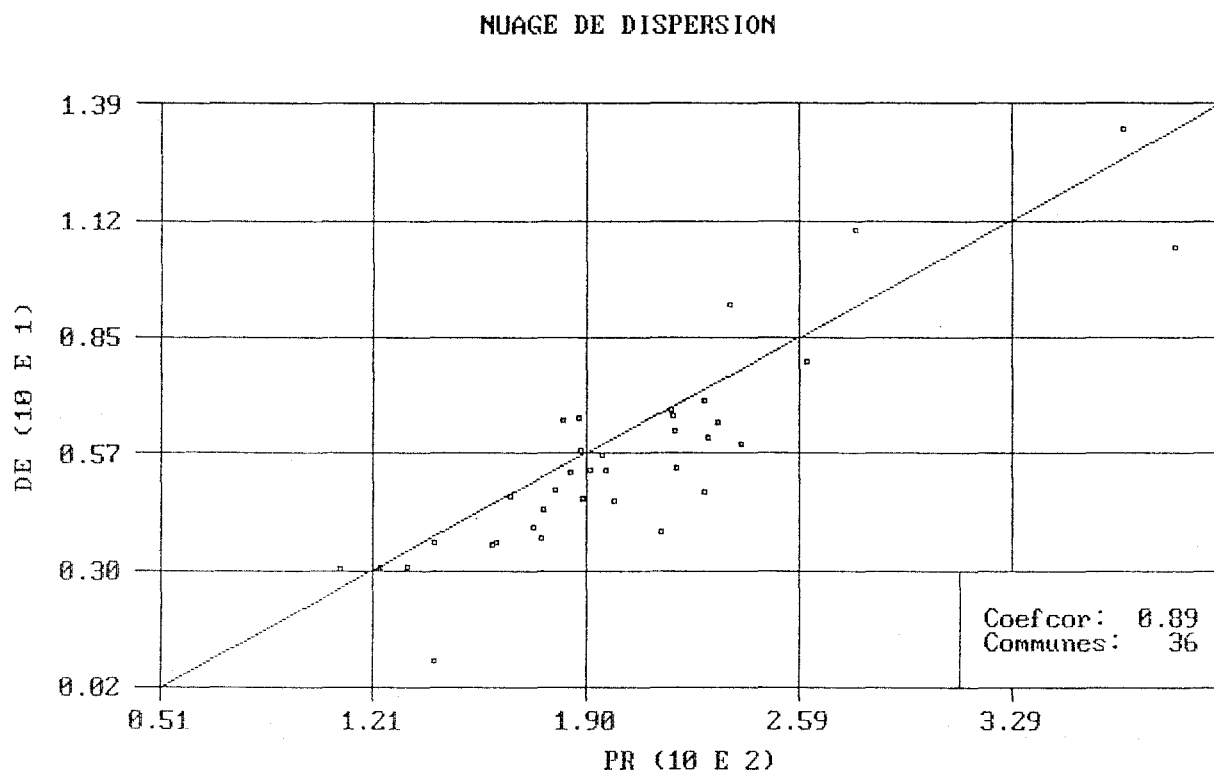


FIGURE 11 - Affichage du nuage de dispersion des valeurs communes des variables PR et DE: [STATISTIQUES/ BIVARIABLES/ NUAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

6 DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE STRUCTURE

Ce module calcule les fonctions structurales expérimentales pour chaque **variable** traitée. Les fonctions de **semi-variogramme** et de **1-corrélogramme** peuvent être calculées selon les paramètres entrés par l'utilisateur; leurs valeurs expérimentales peuvent ensuite être affichées et sauvegardées dans des fichiers de sortie. Une **modélisation** mathématique des fonctions expérimentales peut être réalisée automatiquement ou manuellement; les courbes expérimentales et le modèle ainsi ajusté peuvent ensuite être affichés à l'écran. Enfin, les valeurs des paramètres de l'équation du modèle sont conservées en mémoire au cours de la session et peuvent être utilisées à l'intérieur du module de krigeage; ces valeurs sont également sauvegardées dans le fichier "temporaire".

NB: Dans le texte qui suit, et ce dans un but de concision, on réfère à la fonction "**1-corrélogramme**" au moyen du terme "**corrélogramme**". De la même manière, la fonction du "**semi-variogramme**" est également appelée "**variogramme**".

Au cours de la description qui suit, on a recours aux symboles suivants pour caractériser les informations apparaissant à l'écran:

- *-: rappel d'information
- >-: information à fournir par l'utilisateur
- >: résultats des calculs exécutés

On présente également un exemple d'application du logiciel que l'utilisateur peut reproduire à l'écran. Les valeurs par défaut des paramètres qui sont à initialiser par l'utilisateur et qui apparaissent à l'écran lors de l'utilisation du logiciel, sont ici inscrites entre parenthèses. En présence de choix multiples, l'option considérée dans l'exemple présenté est soulignée d'un trait.

Le module STRUCTURE est composé de cinq options principales:

1. VARIABLE
2. VARIOGRAMME
3. CORRELOGRAMME
4. MODELISATION
5. RETOUR

L'organigramme illustrant les diverses composantes de ce module est présenté à la figure 12. L'utilisateur reprend l'exemple d'application tel que laissé à la fin du module STATISTIQUES décrit au chapitre précédent.

6.1 VARIABLE

Cette option permet de choisir la variable dont l'analyse structurale sera faite. Par défaut, la première variable lue ou la dernière variable traitée est considérée.

CHOIX DE LA VARIABLE A TRAITER:

>-Nom: <PR / DE> (PR)

Le nom de la variable choisie ainsi que le nombre de valeurs actives et passives apparaissent alors à l'écran:

->Nom:	PR
->Nombre de valeurs actives:	332
->Nombre de valeurs passives:	16

6.2 VARIOGRAMME

Cette option permet à l'utilisateur d'initialiser les paramètres, de calculer, d'afficher et de sauvegarder les valeurs expérimentales des semi-variogrammes requis. Seules les valeurs actives sont retenues pour ces calculs. Cette option est commentée à l'annexe B.

6.2.1 PARAMETRES

L'utilisateur choisit les valeurs des paramètres définissant les semi-variogrammes expérimentaux à calculer. Une brève description de ces paramètres suit:

- **Nombre de directions:** puisque le taux de variabilité spatiale quantifié par la fonction du semi-variogramme peut varier selon la direction du vecteur distance h , l'utilisateur peut calculer, au besoin, des semi-variogrammes selon un certain nombre de directions, les valeurs maximale et par défaut étant respectivement de 5 et 4 directions.

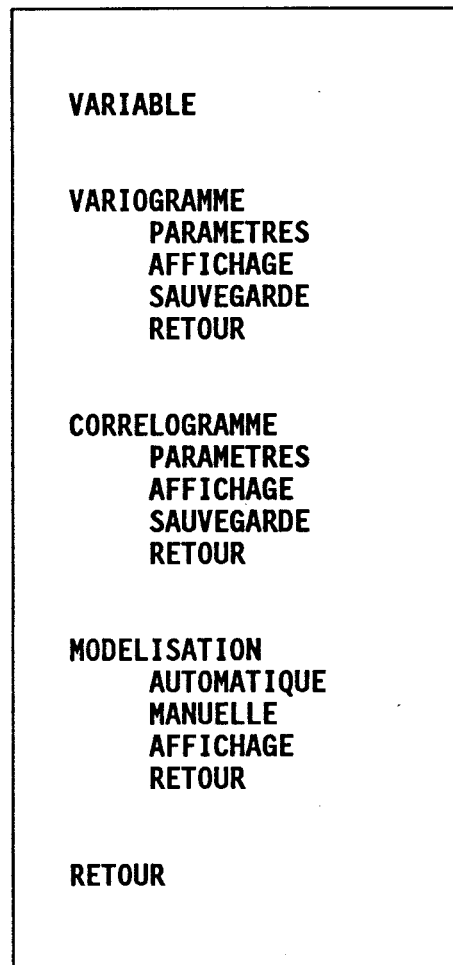
MODULE STRUCTURE

FIGURE 12 - Organigramme du module STRUCTURE

- **Azimuths des directions:** l'utilisateur choisit les azimuths en fonction des patrons de variabilité spécifiques au phénomène à l'étude; ces azimuths doivent être différents les uns des autres; les azimuths de 0, 45, 90 et 135 degrés sont proposés par défaut. Dans le cas d'un semi-variogramme omnidirectionnel, l'utilisateur choisit le plus souvent un azimuth de 0 degré.

- **Tolérances sur les azimuths:** a priori, une tolérance de 22.5 degrés de part et d'autre de chacun des quatre azimuths choisis permet de couvrir l'ensemble de la zone d'intérêt sans superposition des angles de tolérance; afin de préciser davantage les axes de variabilité préférentielle et si le nombre de données disponibles est suffisant, l'utilisateur peut dans un second temps réduire la tolérance sur les azimuths. D'autre part, si l'utilisateur désire calculer un semi-variogramme omnidirectionnel, il doit indiquer une tolérance de 90 degrés sur l'azimuth choisi.

- **Pas de distance:** le pas de distance correspond à la distance de base pour laquelle le semi-variogramme est calculé; dans le cas d'une grille régulière de données, le pas de distance est égal à la maille de la grille; dans le cas d'un échantillonnage irrégulier, le pas de distance est établi en fonction de la distance moyenne minimale entre deux points échantillonnés; par défaut cette valeur est égale à la diagonale de la zone de pondération divisée par 20.

- **Tolérance sur le pas de distance:** dans le cas d'une grille irrégulière, la tolérance est généralement mise égale à la moitié du pas de distance, ce qui permet d'utiliser un nombre maximal de paires de données; en présence d'une grille régulière de données, la tolérance peut être réduite considérablement.

- **Nombre de pas de distance:** le semi-variogramme expérimental n'étant valable que pour des distances inférieures à la moitié de la zone d'étude, le nombre de pas de distance doit être tel que le produit de ce nombre par le pas de distance demeure inférieur à cette limite; le semi-variogramme est alors calculé pour autant de multiples du pas de distance. Par défaut, ce nombre est égal à 10.

La procédure d'entrée des paramètres est la suivante:

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

PARAMETRES DU VARIOGRAMME:

>-Nombre de directions (max=5):	4 (4)
>-Premier azimuth:	10 (0)
>-Deuxième azimuth:	55 (45)
>-Troisième azimuth:	100 (90)
>-Quatrième azimuth:	145 (135)
>-Tolérance sur le 1er azimuth:	22.5 (22.5)
>-Tolérance sur le 2eme azimuth:	22.5 (22.5)
>-Tolérance sur le 3eme azimuth:	22.5 (22.5)
>-Tolérance sur le 4eme azimuth:	22.5 (22.5)
>-Nombre de pas:	10 (10)
>-Pas de distance:	40 (58.96)
>-Tolérance sur le pas de distance:	20 (20)

Les paramètres entrés par l'utilisateur sont reproduits à l'écran et le calcul des semi-variogrammes est amorcé.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

- PARAMETRES DU VARIOGRAMME -

*-Nombre de directions:	4
*-Azimuth:	10.0 55.0 100.0 145.0
*-Tolérance sur l'azimuth:	22.5 22.5 22.5 22.5
*-Nombre de pas:	10
*-Pas de distance:	40.0
*-Tolérance sur le pas de distance:	20.0

Un instant...

S'il y a lieu, un message d'erreur indique la présence de données répétées requérant l'édition du fichier.

6.2.2 AFFICHAGE

L'utilisateur affiche les semi-variogrammes calculés selon le ou les azimuths désirés. Au besoin, le nombre de paires de données actives ayant servi au calcul de chaque valeur expérimentale peut également être affiché.

```

*-Nom: PR
*-Nombre de valeurs actives: 332
*-Nombre de valeurs passives: 16

- PARAMETRES DU VARIOGRAMME -
*-Nombre de directions: 4
*-Azimuth: 10.0 55.0 100.0 145.0
*-Tolérance sur l'azimuth: 22.5 22.5 22.5 22.5
*-Nombre de pas: 10
*-Pas de distance: 40.0
*-Tolérance sur le pas de distance: 10.0

```

PARAMETRES D'AFFICHAGE DU VARIOGRAMME:

```

>-Nombre de directions à afficher: 4 (4)
>-Azimuth de la 1ere direction: 10 (10)
>-Azimuth de la 2eme direction: 55 (55)
>-Azimuth de la 3eme direction: 100 (100)
>-Azimuth de la 4eme direction: 145 (145)
>-Affichage du nombre de paires: <OUI/NON> (NON)

```

Dans ce cas, les quatre semi-variogrammes expérimentaux calculés selon les paramètres entrés ci-haut sont affichés sans le nombre de paires (figure 13).

6.2.3 SAUVEGARDE

L'utilisateur peut sauver les valeurs des semi-variogrammes calculés dans un fichier dont les nom et extension par défaut sont prescrits respectivement par le nom du fichier d'entrée (PAQ) et par le contenu de ce fichier de sortie (VAR); l'utilisateur peut toutefois modifier les nom et extension de ce fichier.

*-Nom: PR
 *-Nombre de valeurs actives: 332
 *-Nombre de valeurs passives: 16
 >-Nom du fichier: PAQ.VAR

Le fichier PAQ.VAR est composé comme suit:

Nom: PR
 Unité: mm
 Unité de distance: Mille

Nombre de directions: 4

I	Azimuth	Tolérance
1	10.0	22.5
2	55.0	22.5
3	100.0	22.5
4	145.0	22.5

Pas de distance: 40
 Tolérance sur le pas de distance: 20
 Nombre de pas de distance par direction: 10
 Nombre de valeurs expérimentales: 40

Pour chaque valeur expérimentale:
 Colonne 1: numéro (I)
 Colonne 2: nombre de paires utilisées (NP)
 Colonne 3: distance moyenne (DIST)
 Colonne 4: semi-variogramme (VARIO)

Un exemple du fichier PAQ.VAR contenant les valeurs expérimentales des semi-variogrammes calculés est présenté au tableau 3.

6.2.4 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

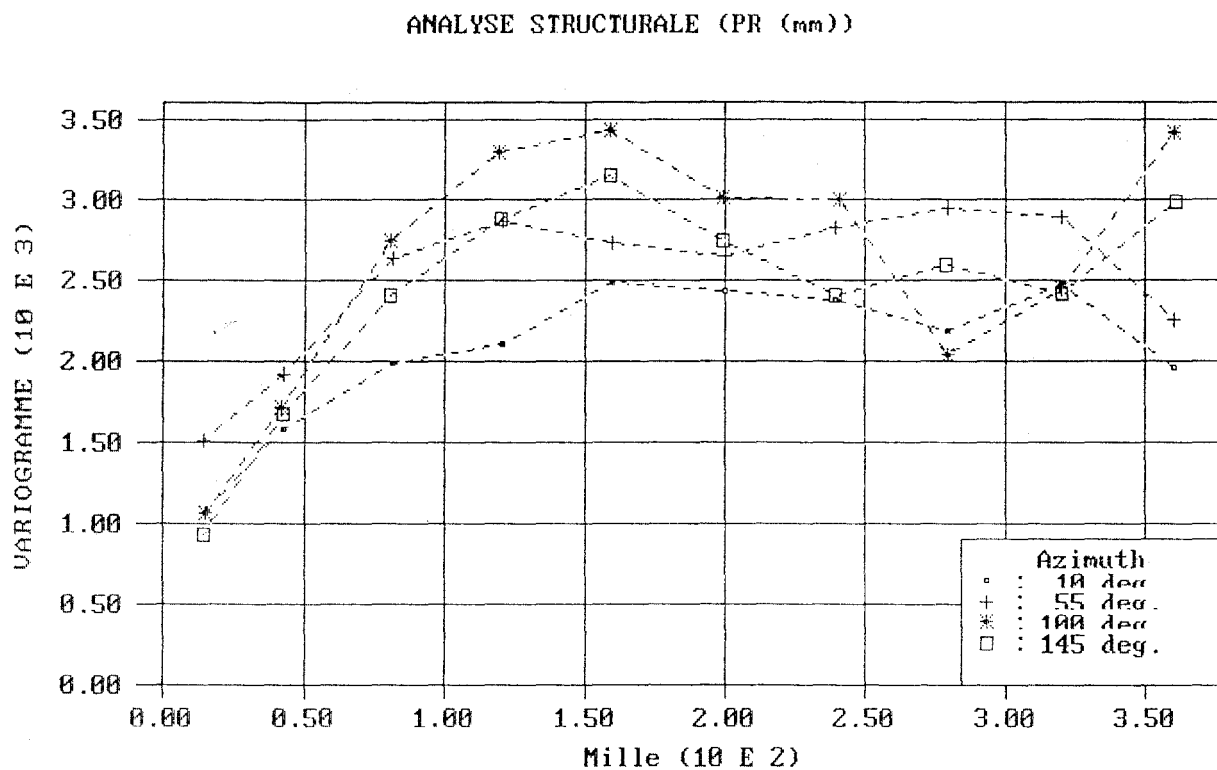


FIGURE 13 - Affichage de 4 semi-variogrammes expérimentaux pour la variable PR: [STRUCTURE/ VARIOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

Nom:		PR
Unité:		mm
Unité de distance:		Mille
Nombre de directions:		4
I	Azimuth	Tolérance
1	10.0000	22.5000
2	55.0000	22.5000
3	100.0000	22.5000
4	145.0000	22.5000
Pas de distance:		40
Tolérance sur le pas de distance:		20
Nombre de pas de distance par direction:		10
Nombre de valeurs expérimentales:		40

I	NP	DIST	VARIO
1	79	15.4343	1085.8994
2	694	42.4367	1571.2740
3	1018	81.1801	1983.0774
4	1294	120.7322	2098.0295
5	1519	160.2206	2481.1116
6	1589	199.9318	2426.5281
7	1625	239.5672	2376.2141
8	1459	279.3849	2185.4941
9	1266	319.7363	2470.6992
10	1110	360.1764	1957.1555
11	71	14.4614	1515.2299
12	635	42.3326	1914.7893
13	984	80.9602	2637.0652
14	1150	120.2864	2864.7578
15	1287	160.2271	2723.7341
16	1301	200.0984	2640.9863
17	1220	239.6424	2819.9438
18	1179	279.4821	2946.5564
19	1261	320.0735	2892.8987
20	1409	360.2017	2250.8748
21	68	15.1826	1064.9366
22	568	42.1890	1712.8385
23	781	80.3859	2733.6433
24	824	119.2709	3286.6553
25	674	159.2560	3429.7910
26	546	199.4868	3012.8215
27	509	240.6177	2994.8286
28	529	279.3389	2034.0713
29	500	320.1971	2439.7263
30	457	359.7708	3408.1523
31	82	14.3738	928.3854
32	616	42.4217	1678.5071
33	895	80.6067	2402.7488
34	1024	119.7685	2872.7954
35	923	159.3044	3145.8296
36	798	199.2553	2738.5215
37	623	238.9931	2407.0923
38	521	278.8520	2595.2161
39	499	319.7237	2417.3027
40	527	360.5167	2977.2266

TABLEAU 3 - Fichier de sortie PAQ.VAR

6.3 CORRELOGRAMME

Cette option permet à l'utilisateur d'initialiser les paramètres, de calculer, d'afficher et de sauvegarder les valeurs expérimentales des fonctions 1-corrélogrammes requises. Seules les valeurs actives sont retenues pour ces calculs.

N.B.: L'utilisation des fonctions structurales basées sur le calcul du corrélogramme spatial est restreinte à des cas d'applications particuliers. L'utilisateur doit donc se reporter à l'annexe B afin de vérifier la pertinence du calcul de ces fonctions dans chaque cas d'application. Dans l'exemple qui suit, l'ensemble de données utilisé ne satisfait pas les conditions d'application des corrélogrammes et ne sert donc qu'à illustrer la procédure à suivre.

6.3.1 PARAMETRES

L'utilisateur choisit les valeurs des paramètres définissant les corrélogrammes expérimentaux à calculer; ces paramètres sont identiques à ceux décrits pour le semi-variogramme à la section 6.2.1.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
PARAMETRES DU CORRELOGRAMME:	
>-Nombre de directions (max=5):	1 (4)
>-Premier azimuth:	0 (10)
>-Tolérance sur le 1er azimuth:	90 (22.5)
>-Nombre de pas:	10 (10)
>-Pas de distance:	40 (40)
>-Tolérance sur le pas de distance:	20 (20)

Les paramètres entrés par l'utilisateur sont reproduits à l'écran et le calcul de la fonction 1-corrélogramme omnidirectionnelle est amorcé.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

- PARAMETRES DU CORRELOGRAMME -

*-Nombre de directions:	1
*-Azimuth:	0.0
*-Tolérance sur l'azimuth:	90.0
*-Nombre de pas:	10
*-Pas de distance:	40.0
*-Tolérance sur le pas de distance:	20.0

Un instant...

S'il y a lieu, tout comme pour les semi-variogrammes, un message d'erreur indique la présence de données répétées requérant l'édition du fichier.

6.3.2 AFFICHAGE

L'utilisateur affiche le 1-corrélogramme calculé selon l'azimuth désiré. Il peut également afficher le nombre de paires de données actives ayant servi au calcul de chaque valeur expérimentale.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

- PARAMETRES DU CORRELOGRAMME -

*-Nombre de directions:	1
*-Azimuth:	0.0
*-Tolérance sur l'azimuth:	90.0
*-Nombre de pas:	10
*-Pas de distance:	40.0
*-Tolérance sur le pas de distance:	20.0

PARAMETRES D'AFFICHAGE DU CORRELOGRAMME:

>-Nombre de directions à afficher:	1 (1)
>-Azimuth de la 1ere direction:	0 (0)
>-Affichage du nombre de paires:	<OUI/NON> (NON)

Le 1-corrélogramme expérimental calculé selon les paramètres entrés ci-dessus apparaît à la figure 14.

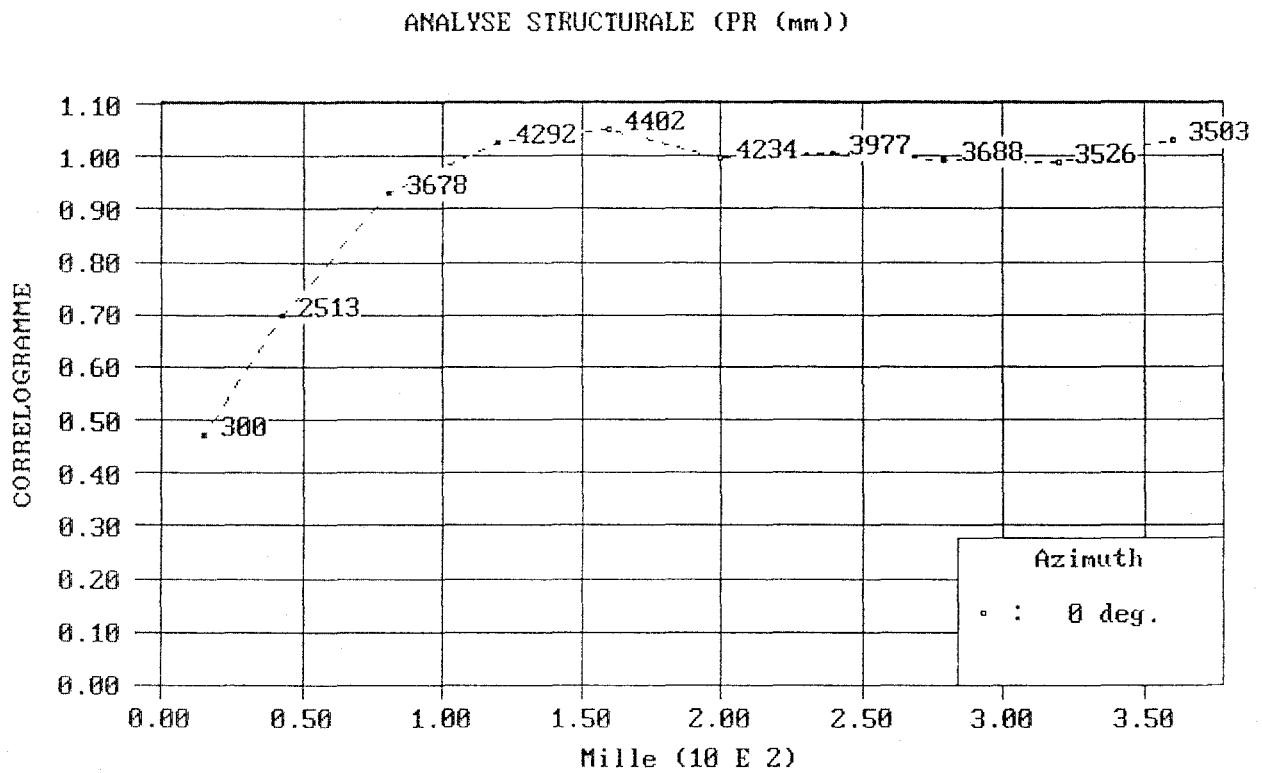


FIGURE 14 - Affichage du 1-corrélogramme omnidirectionnel expérimental pour la variable PR: [STRUCTURE/ CORRELOGRAMME/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

6.3.3 SAUVEGARDE

L'utilisateur peut sauvegarder les valeurs des semi-variogrammes calculés dans un fichier dont le nom et l'extension par défaut sont prescrits respectivement par le nom du fichier d'entrée (PAQ) et par le contenu de ce fichier de sortie (COR); l'utilisateur peut toutefois modifier le nom et l'extension de ce fichier.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
>-Nom du fichier:	<u>PAQ.COR</u>

Le fichier PAQ.COR est composé comme suit:

Nom:	PR
Unité:	mm
Unité de distance:	Mille

Nombre de directions:	1
-----------------------	---

I	Azimuth	Tolérance
1	10.0	90.0

Pas de distance:	40
Tolérance sur le pas de distance:	20
Nombre de pas de distance par direction:	10
Nombre de valeurs expérimentales:	10

Pour chaque valeur expérimentale:

Colonne 1: numéro (I)

Colonne 2: nombre de paires utilisées (NP)

Colonne 3: distance moyenne (DIST)

Colonne 4: 1-corrélogramme (CORRELO)

Un exemple du fichier PAQ.COR contenant les valeurs expérimentales du 1-corrélogramme omnidirectionnel calculé est présenté au tableau 4.

Nom:		PR
Unité:		mm
Unité de distance:		Mille
Nombre de directions:		1
I	Azimuth	Tolérance
1	0.0000	90.0000
Pas de distance:		40
Tolérance sur le pas de distance:		20
Nombre de pas de distance par direction:		10
Nombre de valeurs expérimentales:		10

I	NP	DIST	CORRELO
1	300	14.8570	0.4730
2	2513	42.3490	0.6984
3	3678	80.8084	0.9309
4	4292	120.0947	1.0268
5	4402	159.8723	1.0505
6	4234	199.7850	0.9969
7	3977	239.6210	1.0063
8	3688	279.3203	0.9902
9	3526	319.9039	0.9881
10	3503	360.1649	1.0303

TABLEAU 4 - Fichier de sortie PAQ.COR

6.3.4 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

6.4 MODELISATION

Cette option permet d'ajuster un modèle mathématique aux valeurs expérimentales des derniers semi-variogrammes ou 1-corrélogrammes calculés au cours de la session de travail. Cette modélisation peut être faite automatiquement ou manuellement. Lorsque l'option automatique est choisie, le modèle optimisé ne comporte qu'un effet de pépite plus une structure isotropique; si l'option manuelle est utilisée, l'utilisateur peut considérer un modèle plus complexe comportant un effet de pépite plus une somme de deux structures en gigognes ainsi qu'une anisotropie. Une description des principales fonctions mathématiques pouvant être utilisées lors de la modélisation des semi-variogrammes et 1-corrélogrammes est présentée à l'annexe B; on y introduit également les concepts de structures en gigognes et d'anisotropie.

Il faut noter toutefois que l'option MODELISATION n'est accessible que si des valeurs expérimentales de semi-variogrammes ou de 1-corrélogrammes ont été calculées depuis l'appel du module STRUCTURE. Le cas échéant, un message apparaît à l'écran incitant l'utilisateur à calculer ces valeurs expérimentales.

L'exemple de modélisation présenté ci-dessous est basé sur les valeurs expérimentales des semi-variogrammes directionnels précédemment calculés à la section 6.2.1. Avant de procéder à la modélisation qui suit, l'utilisateur doit donc recalculer ces semi-variogrammes selon les mêmes paramètres; il exécute donc la séquence suivante:

- [VARIOGRAMME] -> il retourne à l'option VARIOGRAMME

- [VARIOGRAMME/PARAMETRES] -> il entre les valeurs des paramètres requis

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

PARAMETRES DU VARIOGRAMME:

>-Nombre de directions (max=5):	4 (1)
>-Premier azimuth:	10 (0)
>-Deuxième azimuth:	55 (55)
>-Troisième azimuth:	100 (100)
>-Quatrième azimuth:	145 (145)
>-Tolérance sur le 1er azimuth:	22.5 (90.0)
>-Tolérance sur le 2eme azimuth:	22.5 (22.5)
>-Tolérance sur le 3eme azimuth:	22.5 (22.5)
>-Tolérance sur le 4eme azimuth:	22.5 (22.5)
>-Nombre de pas:	10 (10)
>-Pas de distance:	40 (40)
>-Tolérance sur le pas de distance:	20 (20)

Les paramètres entrés par l'utilisateur sont reproduits à l'écran et le calcul des semi-variogrammes est amorcé une seconde fois.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

- PARAMETRES DU VARIOGRAMME -

*-Nombre de directions:	4
*-Azimuth:	10.0 55.0 100.0 145.0
*-Tolérance sur l'azimuth:	22.5 22.5 22.5 22.5
*-Nombre de pas:	10
*-Pas de distance:	40.0
*-Tolérance sur le pas de distance:	20.0

Un instant...

- [VARIOGRAMME/RETOUR] -> il quitte l'option VARIOGRAMME

- [MODELISATION] -> il retourne à l'option MODELISATION

6.4.1 AUTOMATIQUE

Seuls un effet de pépité plus une structure isotropique sont autorisés lors d'une modélisation automatique. L'utilisateur indique le type de structure isotropique à ajuster; il entre également des valeurs initiales pour l'effet de pépité et les deux paramètres de la structure choisie. Cette option fait appel à un algorithme d'ajustement par les moindres carrés qui tient compte du nombre de paires associées à chaque valeur expérimentale. Les valeurs optimisées du dernier ajustement réalisé sont conservées en mémoire au cours de la session de travail et sauvegardées dans le fichier "temporaire" en fin de session.

Une brève description des paramètres à initialiser suit:

- **Effet de pépité:** la valeur initiale de l'effet de pépité est mise égale à l'ordonnée à l'origine établie en extrapolant les valeurs expérimentales des fonctions structurales calculées; la valeur par défaut de l'effet de pépité est égale à zéro.

- **Type de structure:** l'utilisateur indique le type de structure en fonction de la nature des courbes expérimentales; il peut choisir entre les types sphérique (option par défaut), exponentiel, à puissance ou à effet de trou.

- **Premier paramètre de la structure:** selon le type de structure choisie, la valeur initiale du premier paramètre doit être mise égale au palier des courbes expérimentales moins l'effet de pépité (pour une structure de type sphérique, exponentiel ou à effet de trou) ou à la pente des courbes expérimentales (pour une structure de type puissance). La valeur par défaut de ce paramètre est égale à la variance des données actives moins l'effet de pépité; une telle valeur par défaut n'est toutefois valide que pour une structure sphérique, exponentielle ou à effet de trou.

- **Second paramètre de la structure:** selon le type de structure choisie, la valeur initiale du second paramètre doit être mise égale à la portée (ou distance à laquelle le palier est atteint) des courbes expérimentales (sphérique), au tiers de la portée des courbes expérimentales (exponentiel), à l'exposant entre 0 et 2 applicable à la pente des courbes expérimentales (puissance) ou à l'amplitude du sinus des courbes expérimentales (effet de trou). La valeur par défaut de ce paramètre est égale à 4 fois le pas de distance; une telle valeur par défaut n'est toutefois pertinente que pour une structure sphérique (la plus courante en pratique).

*-Nom: PR
 *-Nombre de valeurs actives: 332
 *-Nombre de valeurs passives: 16
 *-Type de fonction structurale: VARIOGRAMME

PARAMETRES DU MODELE:

>-Valeur initiale de l'effet de pépite: 750 (0)
 >-Type de la structure: <SPH/EXP/PUIS/TROU> (SPH)
 >-Valeur initiale du premier paramètre: 1547.08 (1547.08)
 >-Valeur initiale du second paramètre: 160 (160)

Les valeurs des trois paramètres sont optimisées et reproduites à l'écran de même que la valeur du critère d'optimisation, qui est la somme des moindres carrés:

->Valeur optimisée de l'effet de pépite: 1107.59
 ->Type de structure ajustée: SPH
 ->Valeur optimisée du premier paramètre: 1216.05
 ->Valeur optimisée du second paramètre: 167.492
 ->Valeur du critère d'optimisation: 2.83714 E+008
 ->Nombre d'itérations requises: 10

L'utilisateur peut comparer la qualité d'ajustement de différents types de structures à l'aide de la valeur de leurs critères d'optimisation respectifs.

6.4.2 AFFICHAGE

L'utilisateur indique le nombre et l'azimut des semi-variogrammes ou 1-corrélogrammes (points expérimentaux) calculés qu'il désire afficher avec le modèle isotropique ajusté. Il faut noter que l'affichage d'un modèle nécessite que les valeurs-expérimentales correspondantes (semi-variogramme ou 1-corrélogramme) aient non seulement été calculées au cours de la session de travail courante mais qu'elles soient les dernières ayant été calculées. Etant donné le présent exemple d'application, on retrouve:

*-Nom: PR
 *-Nombre de valeurs actives: 332

*-Type de fonction structurale: VARIOGRAMME

PARAMETRES DE LA FONCTION ET DU MODELE:

>-Nombre de directions à afficher:	4 (4)
>-Azimuth de la 1ere direction:	10 (10)
>-Azimuth de la 2eme direction:	55 (55)
>-Azimuth de la 3eme direction:	100 (100)
>-Azimuth de la 4eme direction:	145 (145)

La figure 15 illustre les quatre semi-variogrammes expérimentaux ainsi que la courbe du modèle isotropique ajusté automatiquement.

6.4.3 MANUELLE

L'utilisateur peut également faire un ajustement manuel des valeurs des paramètres du modèle désiré. Les valeurs du dernier ajustement réalisé sont conservées en mémoire au cours de la session de travail et peuvent être sauvegardées dans le fichier "temporaire" en fin de session.

Le détail de la modélisation des fonctions structurales expérimentales est présenté à l'annexe B. On retrouve ici une brève description des différents paramètres à initialiser.

- **Effet de pépité:** l'effet de pépité est la valeur de l'ordonnée à l'origine établie en extrapolant les valeurs expérimentales des fonctions structurales calculées; par défaut, l'effet de pépité est égal à 0. En présence d'un effet de pépité pur (absence de corrélation spatiale), la fonction structurale est égale à l'effet de pépité pour toute distance h.

- **Nombre de structures en gigognes:** le nombre de structures en gigognes correspond au nombre de structures superposées nécessaires à la description des valeurs expérimentales des fonctions structurales calculées; ce nombre, qui exclut l'effet de pépité, est limité à deux structures; par défaut, le nombre de structures est égal à 1. Afin d'ajuster un modèle à effet de pépité pur, l'utilisateur doit considérer une structure en gigognes.

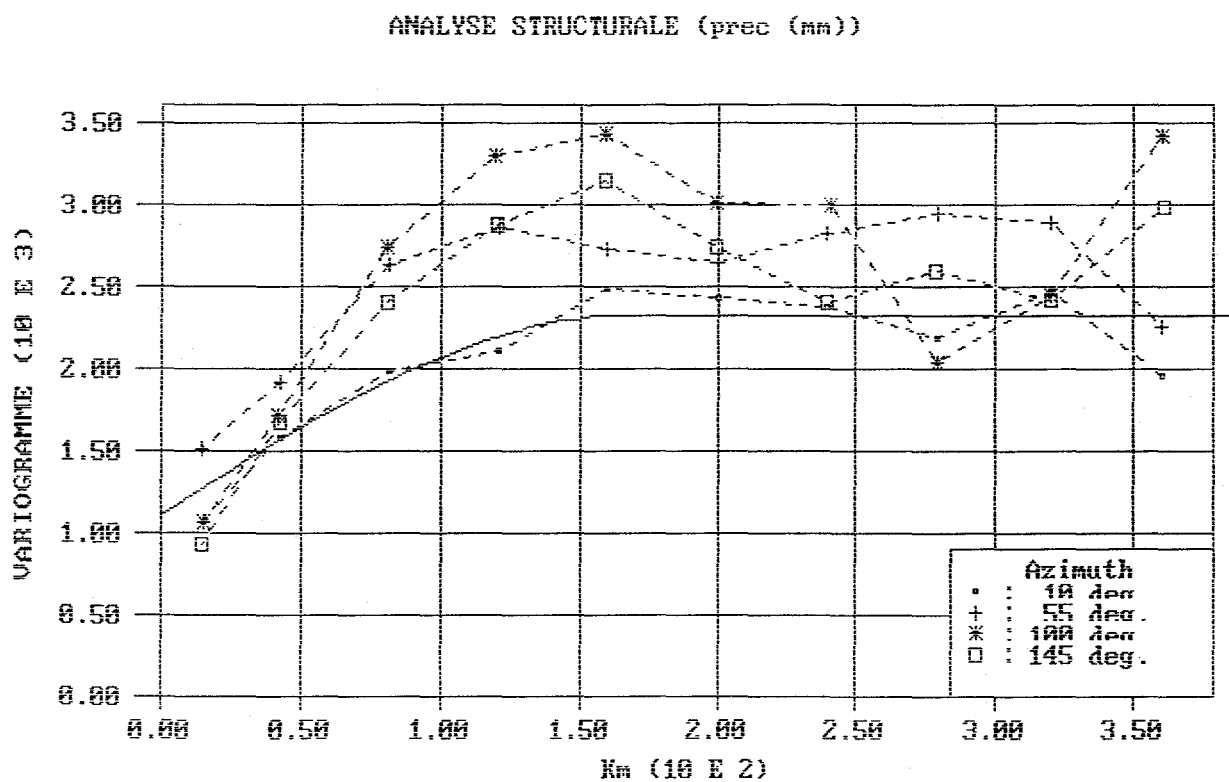


FIGURE 15 - Affichage de 4 semi-variogrammes directionnels expérimentaux et du modèle isotropique ajusté automatiquement pour la variable PR: [STRUCTURE/MODELISATION/ AUTOMATIQUE - AFFICHAGE]

- **Type de structure:** pour chacune des structures en gigognes, l'utilisateur indique le type de structure en fonction des courbes expérimentales obtenues; il peut choisir entre les types sphérique (option par défaut), exponentiel, à puissance ou à effet de trou.

- **Type d'anisotropie:** pour chacune des structures en gigognes, l'utilisateur doit préciser si elle est isotropique (option par défaut) ou anisotropique et, dans le second cas, indiquer le type d'anisotropie et répondre à l'une des questions suivantes.

ZONALE: - Axe selon lequel la structure anisotropique zonale est valide ?

L'utilisateur indique l'axe (X ou Y après rotation) selon lequel la structure est valide.

GEOMETRIQUE - Rapport des portées selon les axes d'anisotropie principale ?

Ce rapport doit représenter la portée selon l'axe X (après rotation) sur la portée selon l'axe Y (après rotation). En pratique, une anisotropie géométrique n'est possible que pour les modèles sphérique et exponentiel.

- **Angle de rotation:** pour chacune des structures en gigognes caractérisée par une anisotropie, l'utilisateur doit préciser l'angle de rotation (positif dans le sens contraire des aiguilles d'une montre) entre l'axe X original des coordonnées (direction Est) et le nouvel axe X correspondant à l'un des deux azimuths d'anisotropie principale; par défaut, cet angle est égal à 0, ce qui correspond à une anisotropie orientée selon les axes originaux des coordonnées; en présence d'isotropie, cet angle est ignoré.

- **Premier paramètre de la structure:** pour chacune des structures en gigognes, le premier paramètre correspond au palier des courbes expérimentales moins l'effet de pélite (pour une structure de type sphérique, exponentielle ou à effet de trou) ou à la pente des courbes expérimentales (pour une structure de type puissance). Pour la première structure, la valeur par défaut de ce premier paramètre est égal à la variance des données actives moins l'effet de pélite; pour la deuxième structure, elle est égale à la variance moins l'effet de pélite moins le paramètre de la première structure; encore une fois, ces valeurs par défaut ne sont pertinentes qu'en présence de structures sphériques, exponentielles ou à effet de trou. En présence d'un modèle à effet de pélite pur, l'utilisateur met le premier paramètre (palier) de la structure en gigogne (de type sphérique par défaut) égal à 0.

- **Second paramètre de la structure:** pour chacune des structures en gigognes, le second paramètre correspond à la portée (ou distance à laquelle le palier est atteint) des courbes expérimentales (sphérique), au tiers de la portée des courbes expérimentales (exponentiel), à l'exposant entre 0 et 2 de la pente des courbes expérimentales (puissance) ou à l'amplitude du sinus des courbes expérimentales (effet de trou). Pour la première structure, la valeur par défaut de ce deuxième paramètre est égale à 4 fois le pas de distance; pour la seconde structure, elle est égale à 6 fois le pas de distance; ces valeurs par défaut ne sont valables que pour des structures sphériques. En présence d'un modèle à effet de pépite pur, l'utilisateur laisse le second paramètre (portée) de la structure égal à la valeur par défaut. Enfin, dans le cas d'une anisotropie géométrique, la second paramètre à entrer correspond à la portée selon l'axe X (après rotation s'il y a lieu).

On procède maintenant à la modélisation des 4 semi-variogrammes directionnels calculés à l'option VARIOGRAMME au moyen de deux structures en gigognes, la première étant isotropique et la seconde possédant une anisotropie zonale.

```

*-Nom: PR
*-Nombre de valeurs actives: 332
*-Nombre de valeurs passives: 16

*-Type de fonction structurale: VARIOGRAMME

PARAMETRES DU MODELE:
>-Effet de pépite: 850 (0)
>-Nombre de structures en gigognes: 2 (1)

STRUCTURE #1:
>-Type d'anisotropie: <ISO / GEOM / ZON> (ISO)
>-Type de structure: <SPH / EXP / PUIS / TROU> (SPH)
>-Premier paramètre de la structure: 1350 (1447.08)
>-Deuxième paramètre de la structure: 120 (160)

```

STRUCTURE #2:

>-Type d'anisotropie: <ISO / GEOM / ZON> (ISO)
 >-Angle de rotation des axes (degrés): 10 (0)
 >-Structure valide selon l'axe: <X / Y> (Y)
 >-Type de structure: <SPH/EXP/PUIS/TROU> (SPH)
 >-Premier paramètre de la structure: 1000 (97.08)
 >-Deuxième paramètre de la structure: 160 (240)

La rotation se fait dans le sens contraire des aiguilles d'une montre; 0 degré correspond à la direction Est; dans l'exemple présenté, le nouvel axe des X correspond à une direction de 10 degrés tandis que le nouvel axe des Y est à 100 degrés. Une anisotropie zonale n'est valide que selon un des deux nouveaux axes principaux qui, dans ce cas-ci, est le nouvel axe Y (100 degrés).

Les valeurs des paramètres de modélisation entrés par l'utilisateur sont reproduites à l'écran afin de lui permettre de vérifier leur pertinence.

*-Nom:	PR	
*-Nombre de valeurs actives:	332	
*-Nombre de valeurs passives:	16	
*-Type de fonction structurale:	VARIOGRAMME	
- PARAMETRES DU MODELE -		
*-Effet de pépite:	850	
*-Nombre de structures en gigognes:	2	
*-Type d'anisotropie:	ISO	ZONALE
*-Angle de rotation:	0	10
*-Anisotropie selon X:		NON
*-Anisotropie selon Y:		OUI
*-Type de structure:	SPHER	SPHER
*-Premier paramètre:	1350	1000
*-Second paramètre:	120	160

Afin d'illustrer le résultat de la modélisation manuelle, l'utilisateur retourne à l'option AFFICHAGE (section 6.4.2) où il choisit d'afficher deux des quatre semi-variogrammes calculés ainsi que leur modèle ajusté.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
*-Type de fonction structurale:	VARIOGRAMME

PARAMETRES DE LA FONCTION ET DU MODELE:

>-Nombre de directions à afficher:	2 (4)
>-Azimuth de la 1ere direction:	10 (10)
>-Azimuth de la 2eme direction:	100 (55)

La figure 16 illustre les deux semi-variogrammes expérimentaux selon les directions de variabilité minimale (10 degrés) et maximale (100 degrés) ainsi que les deux modèles anisotropiques correspondants. On remarque que l'ajustement de ce modèle anisotropique n'est valable que pour des distances inférieures à 250 milles.

6.4.4 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

6.5 RETOUR

Cette option permet à l'utilisateur de retourner au menu principal.

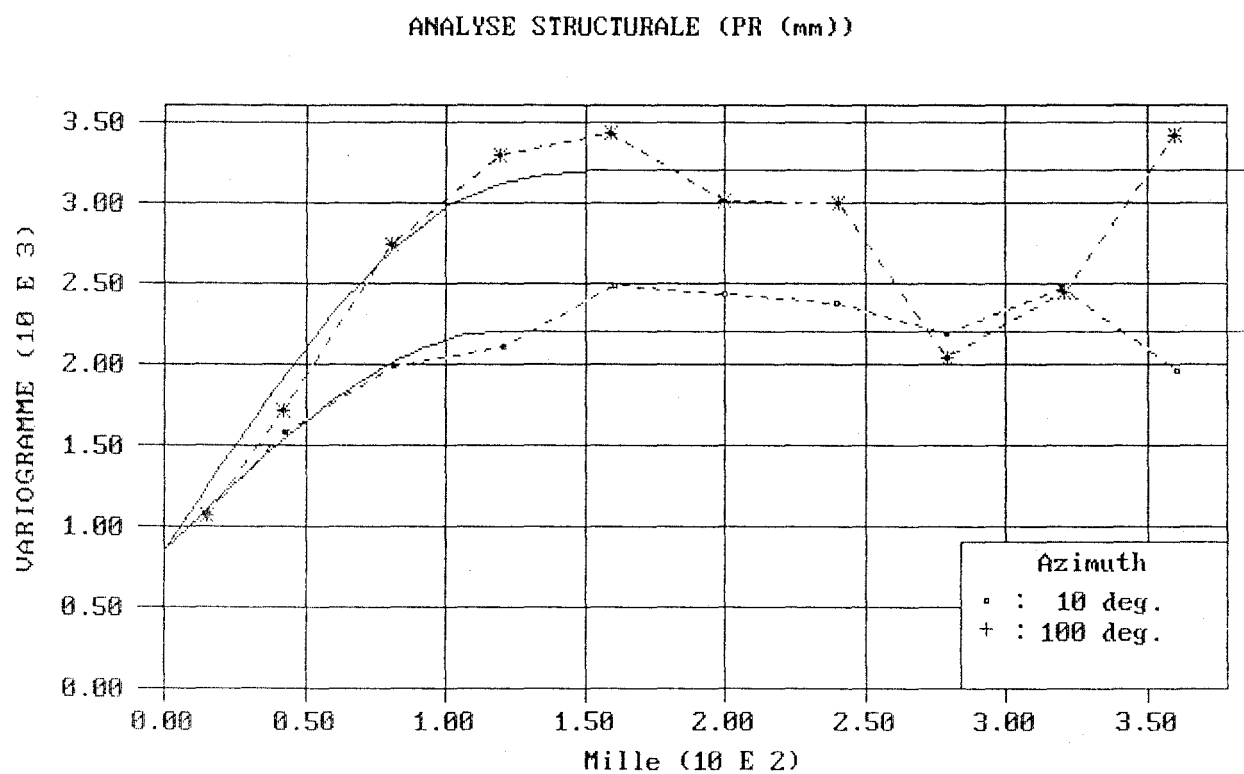


FIGURE 16 - Affichage de 2 semi-variogrammes directionnels expérimentaux et du modèle anisotropique ajusté manuellement pour la variable PR: [STRUCTURE/ MODELISATION/ MANUELLE - AFFICHAGE]

7 DESCRIPTION DETAILLÉE DU MODULE KRIGEAGE

Ce module sert à l'estimation par krigeage ordinaire de la **variable** traitée en fonction des **paramètres** structuraux et de krigeage décrivant respectivement le modèle ajusté aux semi-variogrammes ou 1-corrélogrammes expérimentaux et le plan de krigeage désiré. Les principales statistiques caractérisant les résultats de l'**estimation** sont présentées à l'écran. L'utilisateur peut ensuite procéder à l'**affichage** des résultats (valeurs krigées, variances et écarts-types d'estimation) sous forme de grilles de valeurs et à leur **sauvegarde** dans un fichier de sortie.

Avant d'entreprendre la description de ce module, il est important de préciser que le critère d'optimisation de l'estimation par krigeage ordinaire est la minimisation de la variance de l'erreur d'estimation (ou variance d'estimation); on fait également référence à l'écart-type d'estimation qui est la racine carrée de la variance d'estimation. Enfin, il faut souligner que l'exécution d'un krigeage à l'intérieur de ce module ne nécessite pas que le calcul des valeurs expérimentales de la fonction structurale servant à l'estimation ait été fait au cours de la séance de travail courante et que seuls les paramètres de l'équation du modèle mathématique ajusté aux valeurs expérimentales sont requis.

N.B.: Dans le texte qui suit, et ce dans un but de concision, on réfère parfois aux fonctions "**1-corrélogramme**" et "**semi-variogramme**" au moyen des termes "**corrélogramme**" et "**variogramme**".

Au cours de la description qui suit, on a recours aux symboles suivants pour caractériser les informations apparaissant à l'écran:

- *-: rappel d'information
- > -: information à fournir par l'utilisateur
- >: résultats des calculs exécutés.

On présente également un exemple d'application du logiciel que l'utilisateur peut reproduire à l'écran. Les valeurs par défaut des paramètres qui sont à initialiser par l'utilisateur et qui apparaissent à l'écran lors de l'utilisation du logiciel, sont ici inscrites entre parenthèses. En présence de choix multiples, l'option considérée dans l'exemple présenté est soulignée d'un trait.

Le module KRIGEAGE est composé de six options principales.

1. VARIABLE
2. PARAMETRES
3. ESTIMATION
4. AFFICHAGE
5. SAUVEGARDE
6. RETOUR

L'organigramme illustrant les diverses composantes de ce module est présenté à la figure 17. Encore une fois, l'exemple d'application est repris tel que laissé à la fin du module STRUCTURE décrit au chapitre précédent.

7.1 VARIABLE

Cette option permet de choisir la variable qui sera krigée. Par défaut, la première variable lue ou la dernière variable traitée est considérée.

CHOIX DE LA VARIABLE A TRAITER:

>-Nom: <PR / DE> (PR)

Le nom de la variable choisie ainsi que le nombre de valeurs actives et passives apparaissent alors à l'écran:

->Nom:	PR
->Nombre de valeurs actives:	332
->Nombre de valeurs passives:	16

7.2 PARAMETRES

Cette option permet à l'utilisateur d'initialiser tour à tour les paramètres du modèle structural et du plan de krigage.

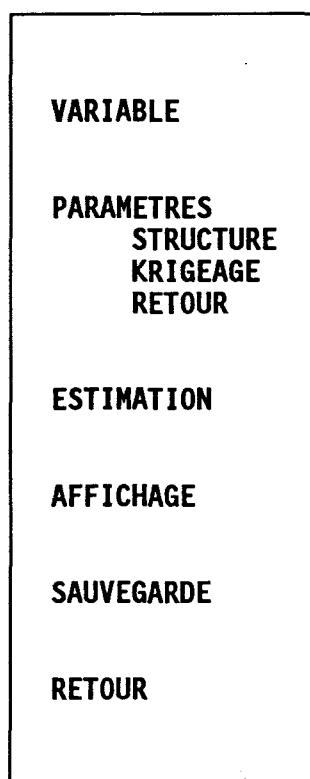
MODULE KRIGEAGE

FIGURE 17 - Organigramme du module KRIGEAGE

7.2.1 STRUCTURE

L'utilisateur entre les valeurs des paramètres structuraux du modèle mathématique des semi-variogrammes ou corrélogrammes calculés devant servir au krigeage. S'il ne le fait pas, les valeurs par défaut ou en mémoire sont utilisées lors de l'estimation. On considère ci-dessous les valeurs des paramètres structuraux entrées dans l'exemple présenté à la section 6.4.3; ces valeurs apparaissent alors par défaut.

```

*-Nom: PR
*-Nombre de valeurs actives: 332
*-Nombre de valeurs passives: 16

PARAMETRES DU MODELE:
>-Effet de pépite: 850 (850)
>-Nombre de structures en gigognes: 2 (2)

STRUCTURE #1:
>-Type d'anisotropie: <ISO / GEOM / ZON> (ISO)
>-Type de structure: <SPH / EXP / PUIS / TROU> (SPH)
>-Premier paramètre de la structure: 1350 (1350)
>-Deuxième paramètre de la structure: 120 (120)

STRUCTURE #2:
>-Type d'anisotropie: <ISO / GEOM / ZON> (ZON)
>-Angle de rotation des axes (degrés): 10 (10)
>-Structure valide selon l'axe: <X / Y> (Y)
>-Type de structure: <SPH/EXP/PUIS/TROU>(SPH)
>-Premier paramètre de la structure: 1000 (1000)
>-Deuxième paramètre de la structure: 160 (160)

```

Les valeurs des paramètres de structure entrés par l'utilisateur sont reproduites à l'écran afin de lui permettre de vérifier leur pertinence.

```

*-Nom: PR
*-Nombre de valeurs actives: 332
*-Nombre de valeurs passives: 16

```

*-Type de fonction structurale:	VARIOGRAMME	
- PARAMETRES DU MODELE -		
*-Effet de pépite:	850	
*-Nombre de structures en gigognes:	2	
*-Type d'anisotropie:	ISO	ZONALE
*-Angle de rotation:	0	10
*-Anisotropie selon X:		NON
*-Anisotropie selon Y:		OUI
*-Type de structure:	SPHER	SPHER
*-Premier paramètre:	1350	950
*-Second paramètre:	120	160

7.2.2 KRIGEAGE

L'usager entre les paramètres définissant le plan de krigeage, c'est-à-dire la grille d'unités à kriger. Par défaut, le krigeage d'unités de surface représentées par un ensemble de 4x4 points de discrétisation est considéré. D'autre part, l'usager peut effectuer un krigeage ponctuel en mettant les nombres de points de discrétisation égaux à 1x1. Dans le cas du krigeage d'unités de surface, l'origine de la grille de krigeage correspond au centre de la première unité krigée située au coin inférieur gauche de la zone; dans le cas d'un krigeage ponctuel, l'origine de la grille correspond au premier point à kriger également situé au coin inférieur gauche de la zone. Les données actives et passives sont utilisées comme données de krigeage. Par défaut, le rayon de recherche des données est égal à trois fois le pas de distance utilisé dans l'analyse structurale. En pratique, ce rayon ne doit pas dépasser la moitié de la distance d'ajustement du modèle du semi-variogramme ou 1-corrélogramme.

Les valeurs par défaut décrivant la grille de krigeage sont basées sur la grille de pondération définie dans le module STATISTIQUES. On présente ci-dessous un exemple du krigeage de 40 unités de surface de 125x125 milles² discrétisées par une grille de 4 par 4 points.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

GRILLE DE KRIGEAGE:

>-Discrétisation des unités selon X:	4 (4)
>-Discrétisation des unités selon Y:	4 (4)
>-Centre de l'unité inférieure gauche (X):	62.5 (62.5)
>-Centre de l'unité inférieure gauche (Y):	-87.5 (-87.5)
>-Dimension des unités selon X:	125 (125)
>-Dimension des unités selon Y:	125 (125)
>-Nombre d'unités selon X:	8 (8)
>-Nombre d'unités selon Y:	5 (5)
>-Rayon de recherche des données:	125 (120)
>-Valeur manquante pour unités non krigées:	-5.55 (-9.99999)
>-Nombre maximal de données de krigeage:	32 (32)
>-Nombre minimal de données de krigeage:	2 (2)
>-Multiplicateur (variance d'estimation):	1 (1)

Le nombre maximal de données de krigeage sert à éviter des systèmes de krigeage trop larges qui seraient très longs à résoudre; d'autre part, le nombre minimal de données de krigeage sert à assurer un minimum de représentativité à la valeur estimée. La variance d'estimation peut être multipliée par un facteur (dont la valeur est entrée par l'utilisateur) lorsque la fonction structurale utilisée est réduite ou standardisée. Par exemple, dans le cas où la fonction structurale est calculée à partir de valeurs réduites (divisées par l'écart-type, les variances d'estimation réduites issues du krigeage peuvent être multipliées par un facteur égal à la variance des données actives originales; les écarts-types d'estimation sont alors multipliés par la racine carrée de ce facteur, c'est-à-dire par l'écart-type des données originales. De même, les variances d'estimation issues d'un krigeage basé sur une analyse structurale par 1-corrélogrammes sont standardisées et peuvent nécessiter un facteur multiplicatif.

Les paramètres décrivant la grille de krigeage sont reproduits à l'écran afin de permettre à l'utilisateur de vérifier leur pertinence.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

- GRILLE DE KRIGEAGE -

*-Discrétisation des unités selon X:	4
*-Discrétisation des unités selon Y:	4
*-Centre de l'unité inférieure gauche (X):	62.5
*-Centre de l'unité inférieure gauche (Y):	-87.5
*-Dimension des unités selon X:	125
*-Dimension des unités selon Y:	125
*-Nombre d'unités selon X:	8
*-Nombre d'unités selon Y:	5
*-Rayon de recherche des données:	125
*-Valeur manquante pour unités non krigées:	-5.55
*-Nombre maximal de données de krigeage:	32
*-Nombre minimal de données de krigeage:	2
*-Multiplicateur (variance d'estimation):	1

7.2.3 RETOUR

L'utilisateur retourne au menu précédent.

7.3 ESTIMATION

Cette option permet à l'utilisateur d'effectuer l'estimation par krigeage ordinaire, c'est-à-dire de calculer les valeurs krigées et les variances et écarts-types d'estimation associés.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16

Un instant...

- RESULTATS DU KRIGEAGE -

->Nombre total d'unités à kriger:	40
->Nombre d'unités krigées:	36
->Nombre d'unités non krigées:	4
->Moyenne des valeurs krigées:	186.712
->Variance des valeurs krigées:	940.32
->Moyenne des variances d'estimation:	543.191
->Moyenne des écarts-types d'estimation:	20.8038

Les principales statistiques des résultats de krigeage apparaissent à l'écran de sorte que l'utilisateur peut juger de la performance de l'estimation réalisée étant donné le plan de krigeage établi et réajuster certains paramètres au besoin.

7.4 AFFICHAGE

Cette option permet à l'utilisateur d'afficher les résultats de krigeage obtenus. Les valeurs par défaut des paramètres de la grille d'affichage sont telles que les résultats de krigeage sont affichés au centre de chaque cellule de la grille: dans le cas d'unités de surface, le résultat affiché est inscrit au centre de la cellule; dans le cas d'un krigeage ponctuel, l'emplacement du point krigé est marqué par une astérisque au centre de la cellule et le résultat est inscrit à côté de celle-ci. L'utilisateur peut choisir d'afficher la valeur estimée, la variance ou l'écart-type d'estimation pour chacune des unités (points ou surfaces) krigées.

*-Nom:	PR
*-Nombre total d'unités à kriger:	40
*-Nombre d'unités krigées:	36
*-Nombre d'unités non krigées:	4
*-Moyenne des valeurs krigées:	186.712
*-Variance des valeurs krigées:	940.32
*-Moyenne des variances d'estimation:	543.191
*-Moyenne des écarts-types d'estimation:	20.8038

GRILLE D'AFFICHAGE DES RESULTATS DE KRIGEAGE:

>-Valeur minimale en abscisse (X):	0 (0)
>-Valeur minimale en ordonnée (Y):	-150 (-150)
>-Valeur maximale en abscisse (X):	1000 (1000)
>-Valeur maximale en ordonnée (Y):	475 (475)
>-Nombre de pas en abscisse (X):	8 (8)
>-Nombre de pas en ordonnée (Y):	5 (5)

>-Résultat à afficher: <VALEUR / VAR-EST / ET-EST> (VALEUR)

La figure 18 présente la grille de krigeage d'unités de surface définie plus-haut où les 36 valeurs krigées sont affichées; les unités non krigées sont laissées vides.

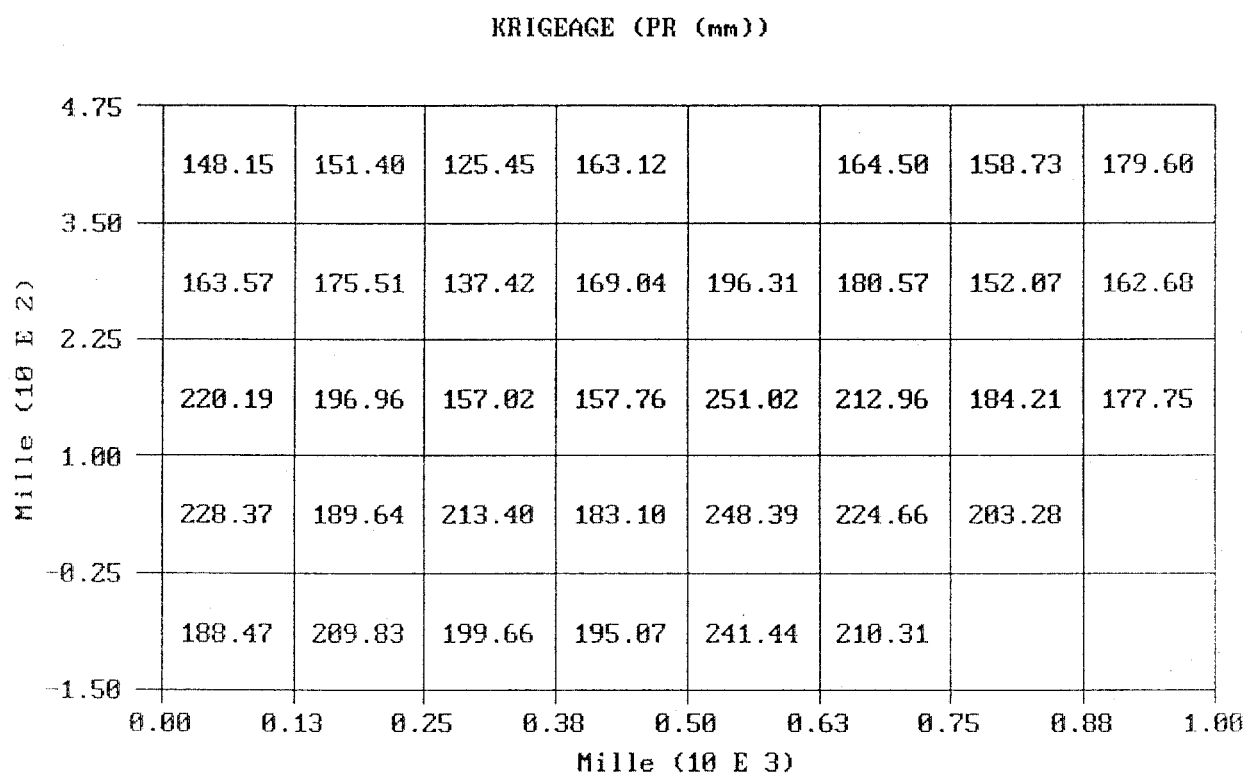


FIGURE 18 - Affichage de la zone de krigeage et des valeurs krigées pour la variable PR: [KRIGEAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

7.5 SAUVEGARDE

L'utilisateur peut sauvegarder les résultats de krigeage dans un fichier dont le nom et l'extension par défaut sont prescrits respectivement par le nom du fichier d'entrée (PAQ) et par le contenu de ce fichier de sortie (KRI); l'utilisateur peut toutefois modifier le nom et l'extension de ce fichier.

*-Nom:	PR
*-Nombre de valeurs actives:	332
*-Nombre de valeurs passives:	16
>-Nom du fichier:	<u>PAQ.KRI</u>

Le fichier PAQ.KRI est composé comme suit:

Nom:	PR
Unité:	mm
Unité de distance:	Mille
Discrétisation (X):	4
Discrétisation (Y):	4
Centre de l'unité inf. gauche (X):	62.5
Centre de l'unité inf. gauche (Y):	-87.5
Dimension de l'unité (X):	125
Dimension de l'unité (Y):	125
Nombre d'unités (X):	8
Nombre d'unités (Y):	5
Rayon de recherche:	125
Valeur manquante:	-5.55
Nombre maximal de données:	32
Nombre minimal de données:	2
Facteur multiplicatif (var.est):	1.0

Pour chaque unité krigée:

Colonne 1:	numéro de l'unité (I)
Colonne 2:	coordonnée X du centre de l'unité (X)
Colonne 3:	coordonnée Y du centre de l'unité (Y)
Colonne 4:	valeur krigée (VALEUR)
Colonne 5:	variance d'estimation (VAR-EST)
Colonne 6:	écart-type d'estimation (ET-EST)

Un exemple du fichier PAQ.KRI est présenté au tableau 5.

Nom:					PR
Unité:					mm
Unité de distance:					Mille
Discrétisation (X):					4
Discrétisation (Y):					4
Centre de l'unité inf. gauche (X):					62.5
Centre de l'unité inf. gauche (Y):					-87.5
Dimension de l'unité (X):					125.0
Dimension de l'unité (Y):					125.0
Nombre d'unités (X):					8
Nombre d'unités (Y):					5
Rayon de recherche:					125.0
Valeur manquante:					-5.6
Nombre max. de données:					32
Nombre min. de données:					2
Facteur multiplicatif (var.est):					1.0
I	X	Y	VALEUR	VAR-EST	ET-EST
1	62.5000	-87.5000	188.4675	1587.9342	39.8489
2	187.5000	-87.5000	209.8295	398.5979	19.9649
3	312.5000	-87.5000	199.6578	123.1111	11.0955
4	437.5000	-87.5000	195.0746	66.3571	8.1460
5	562.5000	-87.5000	241.4408	48.1152	6.9365
6	687.5000	-87.5000	210.3081	463.6104	21.5316
7	812.5000	-87.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
8	937.5000	-87.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
9	62.5000	37.5000	228.3709	682.8551	26.1315
10	187.5000	37.5000	189.6372	398.9335	19.9733
11	312.5000	37.5000	213.4032	167.1140	12.9273
12	437.5000	37.5000	183.0966	174.3396	13.2038
13	562.5000	37.5000	248.3918	80.9312	8.9962
14	687.5000	37.5000	224.6600	108.9385	10.4374
15	812.5000	37.5000	203.2825	1085.1627	32.9418
16	937.5000	37.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
17	62.5000	162.5000	220.1903	177.0630	13.3065
18	187.5000	162.5000	196.9578	505.6734	22.4872
19	312.5000	162.5000	157.0185	632.2731	25.1450
20	437.5000	162.5000	157.7569	712.9705	26.7015
21	562.5000	162.5000	251.0151	267.6718	16.3607
22	687.5000	162.5000	212.9561	72.1936	8.4967
23	812.5000	162.5000	184.2121	117.7361	10.8506
24	937.5000	162.5000	177.7468	355.5388	18.8557
25	62.5000	287.5000	163.5741	87.9598	9.3787
26	187.5000	287.5000	175.5089	283.5612	16.8393
27	312.5000	287.5000	137.4238	1277.0917	35.7364
28	437.5000	287.5000	169.0440	829.9317	28.8085
29	562.5000	287.5000	196.3127	435.5998	20.8710
30	687.5000	287.5000	180.5710	604.8805	24.5943
31	812.5000	287.5000	152.0731	181.9019	13.4871
32	937.5000	287.5000	162.6764	227.3219	15.0772
33	62.5000	412.5000	148.1516	414.4241	20.3574
34	187.5000	412.5000	151.4033	279.1707	16.7084
35	312.5000	412.5000	125.4547	307.9195	17.5476
36	437.5000	412.5000	163.1150	855.0696	29.2416
37	562.5000	412.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
38	687.5000	412.5000	164.4995	1711.7719	41.3736
39	812.5000	412.5000	158.7323	2870.1270	53.5736
40	937.5000	412.5000	179.5997	960.8290	30.9972

TABLEAU 5 - Fichier de sortie PAQ.KRI

7.6 RETOUR

Cette option permet à l'utilisateur de retourner au menu principal.

NOTE:

Afin de poursuivre le présent exemple d'application lors de la description du module OPERATIONS au chapitre suivant, l'utilisateur doit procéder au krigeage de la variable DE en exécutant la séquence suivante à l'intérieur du module KRIGEAGE:

- [VARIABLE] -> il choisit de traiter la variable DE
- [PARAMETRES] -> il initialise les paramètres pour la variable DE
- [PARAMETRES/STRUCTURE] -> il initialise les paramètres structuraux d'un modèle mathématique isotropique décrivant un semi-variogramme omnidirectionnel de la variable DE. L'ajustement de ce modèle n'est pas illustré dans l'exemple présenté; seules les valeurs des paramètres sont entrées directement à l'intérieur de ce module illustrant ainsi qu'il n'est pas nécessaire de calculer les fonctions structurales pour réaliser le krigeage et que seule l'équation du modèle ajusté à celle-ci est nécessaire à l'exécution du krigeage.

```
*-Nom: DE
*-Nombre de valeurs actives: 36
*-Nombre de valeurs passives: 2
```

PARAMETRES DU MODELE:

```
>-Effet de pépite: 1.5 (0)
>-Nombre de structures en gigognes: 1 (1)
```

STRUCTURE #1:

```
>-Type d'anisotropie: <ISO / GEOM / ZON> (ISO)
>-Type de structure: <SPH / EXP / PUIS / TROU> (SPH)
>-Premier paramètre de la structure: 6.5 (2.7048)
>-Deuxième paramètre de la structure: 260 (235.84)
```

Les paramètres structuraux sont réaffichés pour vérification.

```

*-Nom: DE
*-Nombre de valeurs actives: 36
*-Nombre de valeurs passives: 2

- PARAMETRES DU MODELE -
*-Effet de pépite: 1.5
*-Nombre de structures en gigognes: 1
*-Type d'anisotropie: ISO
*-Angle de rotation: 0
*-Anisotropie selon X:
*-Anisotropie selon Y:
*-Type de structure: SPHER
*-Premier paramètre: 6.5
>-Deuxième paramètre: 260

```

- [KRIGEAGE/ESTIMATION] -> il initialise les paramètres définissant le plan de krigeage, qui dans ce cas est identique à celui utilisé dans le krigeage de la variable PR, sauf pour le rayon de recherche des données qui est mis égal à 140 milles.

```

*-Nom: DE
*-Nombre de valeurs actives: 36
*-Nombre de valeurs passives: 2

```

GRILLE DE KRIGEAGE:

```

>-Discrétisation des unités selon X: 4 (4)
>-Discrétisation des unités selon Y: 4 (4)
>-Centre de l'unité inférieure gauche (X): 62.5 (62.5)
>-Centre de l'unité inférieure gauche (Y): -87.5 (-87.5)
>-Dimension des unités selon X: 125 (125)
>-Dimension des unités selon Y: 125 (125)
>-Nombre d'unités selon X: 8 (8)
>-Nombre d'unités selon Y: 5 (5)
>-Rayon de recherche des données: 140 (176.88)
>-Valeur manquante pour unités non krigées: -5.55 (-9.99999)
>-Nombre maximal de données de krigeage: 32 (32)
>-Nombre minimal de données de krigeage: 2 (2)
>-Multiplicateur (variance d'estimation): 1 (1)

```

Les paramètres décrivant la grille de krigeage sont réaffichés à l'écran.

*-Nom:	DE
*-Nombre de valeurs actives:	36
*-Nombre de valeurs passives:	2
- GRILLE DE KRIGEAGE -	
*-Discrétisation des unités selon X:	4
*-Discrétisation des unités selon Y:	4
*-Centre de l'unité inférieure gauche (X):	62.5
*-Centre de l'unité inférieure gauche (Y):	-87.5
*-Dimension des unités selon X:	125
*-Dimension des unités selon Y:	125
*-Nombre d'unités selon X:	8
*-Nombre d'unités selon Y:	5
*-Rayon de recherche des données:	140
*-Valeur manquante pour unités non krigées:	-5.55
*-Nombre maximal de données de krigeage:	32
*-Nombre minimal de données de krigeage:	2
*-Multiplicateur (variance d'estimation):	1

- [PARAMETRES/RETOUR] -> il quitte l'option PARAMETRES

- [ESTIMATION] -> il exécute l'estimation par krigeage ordinaire de la variable DE.

*-Nom:	DE
*-Nombre de valeurs actives:	36
*-Nombre de valeurs passives:	2

Un instant...

- RESULTATS DU KRIGEAGE -

->Nombre total d'unités à kriger: 40
 ->Nombre d'unités krigées: 28
 ->Nombre d'unités non krigées: 12
 ->Moyenne des valeurs krigées: 5.48493
 ->Variance des valeurs krigées: 2.49651
 ->Moyenne des variances d'estimation: 1.99416
 ->Moyenne des écarts-types d'estimation: 1.35248

- [AFFICHAGE] -> il affiche la grille des valeurs krigées de la variable DE.

*-Nom: DE
 *-Nombre total d'unités à kriger: 40
 *-Nombre d'unités krigées: 28
 *-Nombre d'unités non krigées: 12
 *-Moyenne des valeurs krigées: 5.48493
 *-Variance des valeurs krigées: 2.49651
 *-Moyenne des variances d'estimation: 1.99416
 *-Moyenne des écarts-types d'estimation: 1.35248

GRILLE D'AFFICHAGE DES RESULTATS DE KRIGEAGE:

>-Valeur minimale en abscisse (X): 0 (0)
 >-Valeur minimale en ordonnée (Y): -150 (-150)
 >-Valeur maximale en abscisse (X): 1000 (1000)
 >-Valeur maximale en ordonnée (Y): 475 (475)
 >-Nombre de pas en abscisse (X): 8 (8)
 >-Nombre de pas en ordonnée (Y): 5 (5)

>-Résultat à afficher: <VALEUR / VAR-EST / ET-EST> (VALEUR)

La figure 19 présente la grille de krigeage définie ci-haut où les 31 valeurs krigées sont affichées; les 9 unités non krigées sont laissées vides.

- [RETOUR] -> il quitte le module KRIGEAGE et retourne au menu principal.

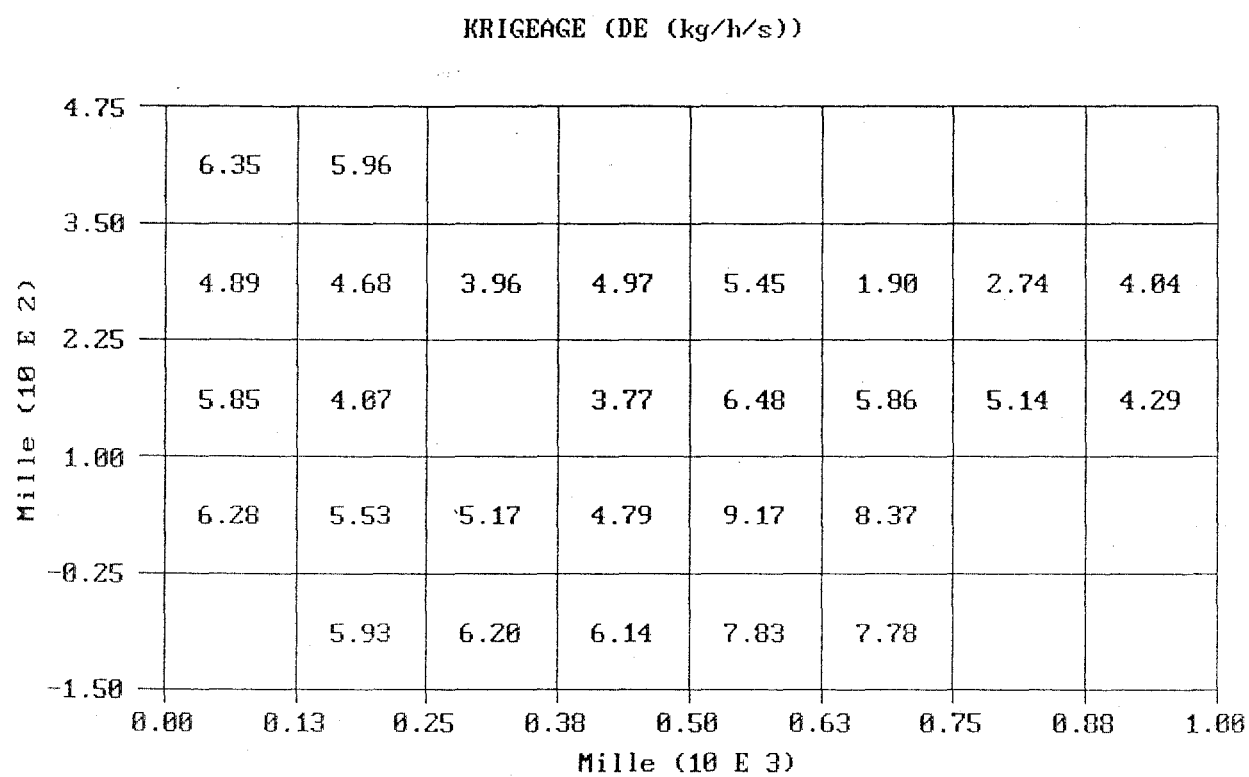


FIGURE 19 - Affichage de la zone de krigeage et des valeurs krigées pour la variable DE: [KRIGEAGE/ PARAMETRES - AFFICHAGE]

8 DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE OPERATIONS

Cette option permet à l'utilisateur d'effectuer certaines opérations à partir des résultats de krigeage des deux **variables** traitées au cours de la séance de travail. L'utilisateur peut estimer une troisième variable en faisant au besoin le **produit**, le **quotient** ou la **somme** des deux variables krigées selon un plan de krigeage identique; les variances et écarts-types d'estimation correspondants sont également calculés. L'utilisateur peut également quantifier la différence ou le **changement significatif** entre les résultats de krigeage des deux variables analysées lorsque celles-ci sont de même type. Ce module permet ensuite l'**affichage** des résultats obtenus sous forme de grilles de valeurs ainsi que leur **sauvegarde** dans un fichier de sortie.

Il faut préciser que ce module n'est opérationnel que si les deux variables traitées ont été krigées au cours de la séance de travail courante. En effet, les résultats de krigeage ne sont pas conservés dans le fichier "temporaire" et doivent donc être recalculés si on désire utiliser le module OPERATIONS.

Au cours de la description qui suit, on a recours aux symboles suivants pour caractériser les informations apparaissant à l'écran:

- *-: rappel d'information
- > -: information à fournir par l'utilisateur
- >: résultats des calculs exécutés.

On présente également un exemple d'application du logiciel que l'utilisateur peut reproduire à l'écran. Les valeurs par défaut des paramètres qui sont à initialiser par l'utilisateur et qui apparaissent à l'écran lors de l'utilisation du logiciel, sont ici inscrites entre parenthèses. En présence de choix multiples, l'option considérée dans l'exemple présenté est soulignée d'un trait.

Le module OPERATIONS est composé de cinq options principales.

1. VARIABLES
2. OPERATION
3. AFFICHAGE
4. SAUVEGARDE
5. RETOUR

L'organigramme illustrant les diverses composantes de ce module est présenté à la figure 20. On reprend l'exemple d'application tel que laissé à la fin du module KRIGEAGE où les variables PR et DE ont été krigées selon un plan de krigeage identique.

8.1 VARIABLES

L'usager établit l'ordre selon lequel il veut traiter les deux variables. Cet ordre importe dans le cas de l'option QUOTIENT qui établit le quotient de la première variable par la seconde et dans le cas des options DIFFERENCE et CHANGEMENT SIGNIFICATIF qui soustraient la seconde variable de la première. Par défaut, les deux variables sont considérées selon leur ordre de lecture ou de travail.

CHOIX DES VARIABLES A TRAITER:

>-Nom de la première variable à traiter: DE (DE)

>-Nom de la deuxième variable à traiter: PR (PR)

Le nom des variables ainsi que leurs nombres de valeurs actives et passives apparaissent alors à l'écran:

->Nom:	DE	PR
->Nombre de valeurs actives:	36	332
->Nombre de valeurs passives:	2	16

8.2 OPERATION

Cette option permet à l'usager choisir l'opération à effectuer à partir des résultats de krigeage des deux variables traitées. Les opérations proposées ne sont toutefois disponibles que si les deux variables ont été krigées au cours de la session de travail courante selon des plans de krigeage identiques. De plus, les résultats de certaines opérations ne sont valides que si leurs conditions d'application sont satisfaites. Enfin, il faut noter que les résultats de chaque opération remplacent ceux de l'opération précédente et que conséquemment seuls les résultats de la dernière opération exécutée peuvent subséquemment être affichés et sauvegardés.

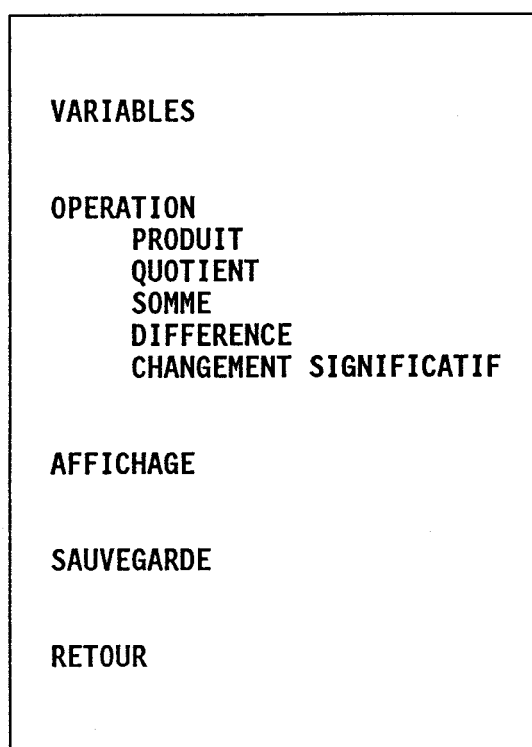
MODULE OPERATIONS

FIGURE 20 - Organigramme du module OPERATIONS

8.2.1 PRODUIT

L'utilisateur peut estimer une troisième variable en faisant le produit des résultats de krigeage des deux variables traitées.

*-Nom:	DE	PR
*-Nombre de valeurs actives:	36	332
*-Nombre de valeurs passives:	2	16
-RESULTATS DU KRIGEAGE -		
*-Nombre total d'unités à kriger:	40	40
*-Nombres d'unités krigées:	28	36
*-Nombres d'unités non krigées:	12	4
*-Moyenne des valeurs krigées:	5.4849	186.712
*-Variance des valeurs krigées:	2.4965	940.32
*-Moyenne des variances d'estimation:	1.9942	543.191
*-Moyenne des écarts-types d'estimation:	1.3525	20.8038

PARAMETRES DE L'OPERATION:

>-Type d'opération:	<SOM/DIFF/PROD/QUOT/CHNG> (SOM)
>-Nom de la variable résultante:	PRODUIT (RESULTAT)
>-Unité:	mm*kg/h/s
>-Valeur manquante pour les unités non retenues:	-5.55 (-5.55)
>-Coefficient de corrélation:	0.886822 (0.886822)
>-Facteur de conversion d'unités:	1 (1)

Si les nombres totaux d'unités à kriger ne coïncident pas pour les deux variables, l'opération ne peut être exécutée. La valeur du coefficient de corrélation entre les données actives des deux variables traitées sert au calcul des variances et écarts-types d'estimation associés au produit et apparaît par défaut. L'utilisateur doit entrer, au besoin, la valeur d'un facteur multiplicatif de conversion d'unités nécessaire au calcul de la variable résultante à partir des variables krigées; cette valeur est mise égale à 1 par défaut. Dans le présent exemple, comme le produit des valeurs krigées PR et DE n'a pas de signification pratique, on considère le facteur de conversion égal à un.

Les résultats obtenus sont sous la même forme que les résultats de krigeage. Les statistiques principales des résultats sont affichées à l'écran. Le nombre d'unités estimées est égal au nombre d'unités qui sont krigées à la fois pour les deux variables.

*-Nom:	DE	PR
*-Nombre de valeurs activesr:	36	332
*-Nombre de valeurs passives:	2	16

- RESULTATS DE L'OPERATION -

->Nom:	PRODUIT
->Unité:	mm*kg/h/s
->Nombre total d'unités:	40
->Nombre d'unités retenues:	28
->Nombre d'unités non retenues:	12
->Moyenne des valeurs:	1086.8
->Variance des valeurs:	206547
->Moyenne des variances d'estimation:	123519
->Moyenne des écarts-types d'estimation:	337.4

8.2.2 QUOTIENT

Cette option permet d'estimer une troisième variable en faisant le quotient des résultats d'estimation des deux variables krigées, c'est-à-dire, en divisant les valeurs de la première par celles de la seconde.

*-Nom:	DE	PR
*-Nombre de valeurs activesr:	36	332
*-Nombre de valeurs passives:	2	16

-RESULTATS DU KRIGEAGE -

*-Nombre total d'unités à kriger:	40	40
*-Nombres d'unités krigées:	28	36
*-Nombres d'unités non krigées:	12	4
*-Moyenne des valeurs krigées:	5.4849	186.712
*-Variance des valeurs krigées:	2.4965	940.32
*-Moyenne des variances d'estimation:	1.9942	543.191
*-Moyenne des écarts-types d'estimation:	1.3525	20.8038

PARAMETRES DE L'OPERATION:

>-Type d'opération: <SOM/DIFF/PROD/QUOT/CHNG> (PROD)
 >-Nom: CO (PRODUIT)
 >-Unité: uéq/l (mm*kg/h/s)
 >-Valeur manquante pour les unités non estimées: -5.55 (-5.55)
 >-Coefficient de corrélation: 0.886822 (0.886822)
 >-Facteur de conversion d'unités: 0.0004831 (1)

Si les nombres d'unités à kriger ne coïncident pas pour les deux variables, l'opération ne peut être exécutée. La valeur du coefficient de corrélation entre les données actives des deux variables traitées sert au calcul des variances et écarts-types d'estimation associés au quotient et apparaît par défaut. L'utilisateur doit entrer, au besoin, la valeur d'un facteur diviseur de conversion d'unités nécessaire au calcul de la variable résultante à partir des variables krigées; cette valeur est mise égale à 1 par défaut. Dans le cas présent, l'utilisateur requiert le quotient de la variable DE par la variable PR et utilise le facteur de conversion d'unités correspondant à l'ion sulfate afin d'obtenir des concentrations en $\mu\text{éq/l}$. On doit remarquer que les résultats obtenus par quotient remplacent les résultats du produit effectué à l'étape précédente (section 8.2.1).

Les résultats obtenus sont sous la même forme que les résultats de krigeage. Les statistiques principales des résultats sont affichées à l'écran.

*-Nom:	DE	PR
*-Nombre de valeurs actives:	36	332
*-Nombre de valeurs passives:	2	16

- RESULTATS DE L'OPERATION -

->Nom:	CO
->Unité:	uéq/l
->Nombre total d'unités:	40
->Nombre d'unités retenues:	28
->Nombre d'unités non retenues:	12
->Moyenne des valeurs:	58.8454
->Variance des valeurs:	178.758
->Moyenne des variances d'estimation:	134.233
->Moyenne des écarts-types d'estimation:	10.7588

8.2.3 SOMME (sans exemple d'application)

Cette option permet le calcul de la somme des valeurs krigées des deux variables traitées lorsque celles-ci sont de même type. Tout comme pour les options PRODUIT et QUOTIENT, la somme ainsi que la variance et l'écart-type d'estimation associés à cette somme sont calculés. Pour ce faire, on suppose l'indépendance entre les données servant à kriger les deux variables de sorte que la variance d'estimation de leur somme est simplement égale à la somme de leur variance d'estimation. Par exemple, une telle option s'avère utile lors du regroupement annuel des résultats de krigeage saisonniers (Guertin et Villeneuve, 1990).

Etant donné la nature des variables traitées dans le présent exemple d'application, leur somme ne peut être effectuée. La procédure de calcul de cette opération est toutefois analogue aux procédures décrites pour le PRODUIT et le QUOTIENT (sections 8.2.1 et 8.2.2).

8.2.4 DIFFERENCE (sans exemple d'application)

Cette option permet le calcul de la différence entre les valeurs krigées des deux variables traitées lorsque celles-ci sont de même type. Contrairement aux options PRODUIT, QUOTIENT et SOMME, seule la différence est calculée et aucune évaluation de la variance d'estimation associée à cette différence n'est effectuée. Une telle option s'avère particulièrement utile lors du krigeage de deux variables indicatrices (pour lequel la variance d'estimation perd sa signification), lorsque l'on désire évaluer la différence entre les probabilité locales de dépasser une norme commune (Guertin et Villeneuve, 1990).

Etant donné la nature des variables traitées dans le présent exemple d'application, leur différence ne peut être effectuée. La procédure de calcul de cette opération est toutefois analogue aux procédures décrites pour le PRODUIT et le QUOTIENT (sections 8.2.1 et 8.2.2) sauf que les variances et écarts-types d'estimation ne sont pas calculés.

8.2.5 CHANGEMENT SIGNIFICATIF (sans exemple d'application)

Cette option permet le calcul du changement significatif entre les valeurs krigées des deux variables traitées lorsque celles-ci sont de même type et lorsque leur variance d'estimation associée est valide (ce qui n'est pas le cas lors du krigeage de variables indicatrices). De tels changements sont dits "significatifs" parce qu'ils tiennent compte de l'incertitude associée à la valeur krigée (Seilkop et Finkelstein, 1987; Guertin et Villeneuve, 1990).

Etant donné la nature des variables traitées dans le présent exemple d'application, leur changement significatif ne peut être quantifié. Tout comme pour l'option DIFFERENCE, la procédure de calcul de tels changements significatifs est analogue aux procédures décrites pour le PRODUIT et le QUOTIENT (sections 8.2.1 et 8.2.2) sauf que les variances et écarts-types d'estimation ne sont pas calculés, ce qui signifie que le coefficient de corrélation et le facteur de conversion d'unités ne sont pas requis.

8.3 AFFICHAGE

Cette option permet à l'utilisateur d'afficher les résultats de la dernière opération effectuée, c'est-à-dire, du quotient dans le cas présent. Les valeurs par défaut des paramètres de la grille d'affichage, qui sont les mêmes que pour l'affichage des valeurs krigées de la première variable, sont telles que les résultats d'estimation sont affichés au centre de chaque cellule de la grille: avec une astérisque dans le cas de krigeage ponctuel et sans astérisque dans le cas du krigeage d'unités de surface.

*-Nom:	C0
*-Nombre total d'unités:	40
*-Nombre d'unités retenues:	28
*-Nombre d'unités non retenues:	12
*-Moyenne des valeurs :	58.8454
*-Variance des valeurs:	178.758
*-Moyenne des variances d'estimation:	134.233
*-Moyenne des écarts-types d'estimation:	10.7588

GRILLE D'AFFICHAGE DES RESULTATS DE L'OPERATION:

>-Valeur minimale en abscisse (X):	0 (0)
>-Valeur minimale en ordonnée (Y):	-150 (-150)
>-Valeur maximale en abscisse (X):	1000 (1000)
>-Valeur maximale en ordonnée (Y):	475 (475)
>-Nombre de pas en abscisse (X):	8 (8)
>-Nombre de pas en ordonnée (Y):	5 (5)

>-Résultat à afficher: <VALEUR / VAR-EST / ET-EST> (VALEUR)

La figure 21 présente la grille de krigeage définie ci-dessus où les 28 valeurs obtenues par quotient sont affichées; les 12 unités non retenues sont laissées vides.

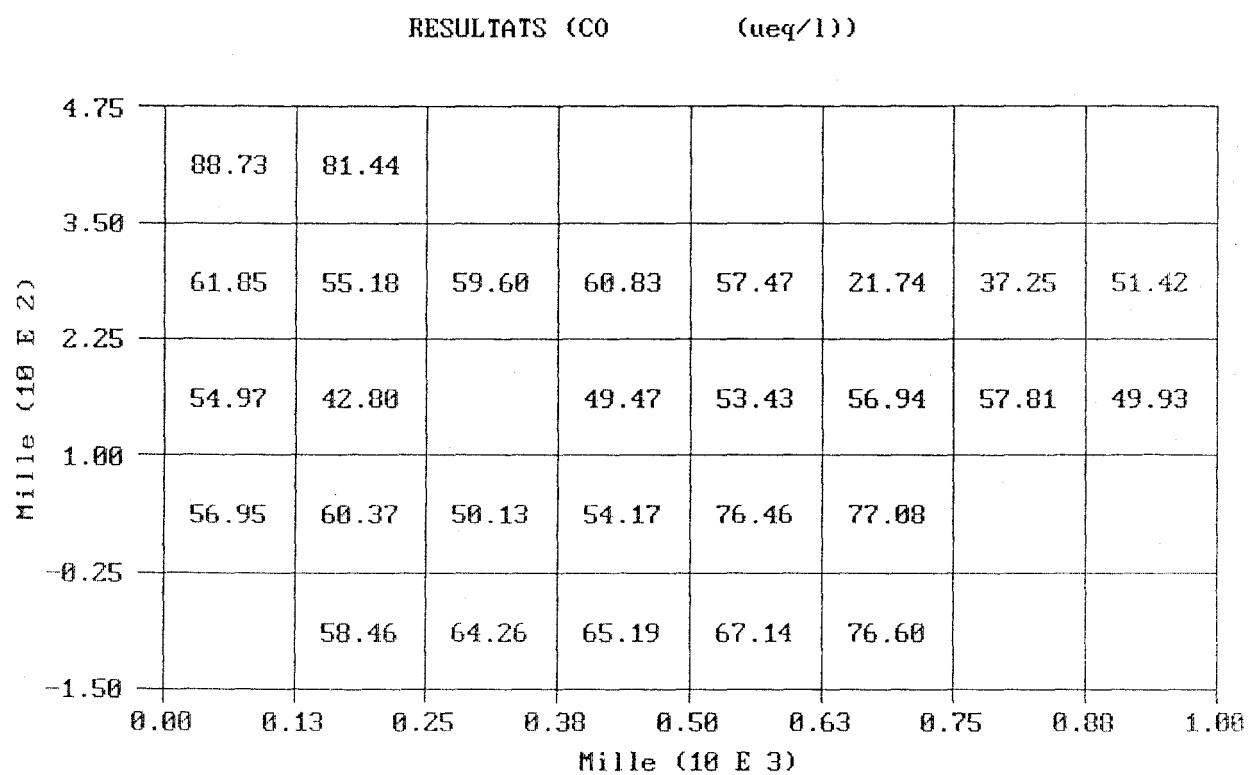


FIGURE 21 - Affichage de la zone d'opération et des valeurs retenues pour la variable CO obtenue par quotient: [OPERATIONS/ OPERATION - AFFICHAGE]

Il faut mentionner que dans le cas des opérations DIFFERENCE et CHANGEMENT SIGNIFICATIF, la valeur calculée est le seul résultat qui puisse être affiché.

8.4 SAUVEGARDE

L'utilisateur peut sauvegarder les résultats de la dernière opération réalisée (dans le cas présent, le quotient) dans un fichier dont les nom et extension par défaut sont prescrits respectivement par le nom du fichier d'entrée (PAQ) et par le contenu de ce fichier de sortie (OPE); l'utilisateur peut toutefois modifier les nom et extension de ce fichier.

*-Nom:	DE	PR
*-Nombre de valeurs actives:	36	332
*-Nombre de valeurs passives:	2	16
>-Nom du fichier:	<u>PAQ.OPE</u>	

Le fichier PAQ.OPE est composé comme suit:

Nom:	CO
Unité:	uég/l
Unité de distance:	Mille
Discretisation (X):	4
Discretisation (Y):	4
Centre de l'unité inf. gauche (X):	62.5
Centre de l'unité inf. gauche (Y):	-87.5
Dimension de l'unité (X):	125
Dimension de l'unité (Y):	125
Nombre d'unités (X):	8
Nombre d'unités (Y):	5
Valeur manquante:	-5.55

Pour chaque unité traitée:

Colonne 1: numéro de l'unité (I)
 Colonne 2: coordonnée X du centre de l'unité (X)
 Colonne 3: coordonnée Y du centre de l'unité (Y)
 Colonne 4: valeur calculée (VALEUR)
 Colonne 5: variance d'estimation calculée (VAR-EST)
 Colonne 6: écart-type d'estimation calculé (ET-EST)

Un exemple du fichier PAQ.OPE est présenté au tableau 6.

Nom:					CO
Unité:					uéq/l
Unité de distance:					Mille
Discrétisation (X):					4
Discrétisation (Y):					4
Centre de l'unité inf. gauche (X):					62.5
Centre de l'unité inf. gauche (Y):					-87.5
Dimension de l'unité (X):					125.0
Dimension de l'unité (Y):					125.0
Nombre d'unités (X):					8
Nombre d'unités (Y):					5
Valeur manquante:					-5.6
I	X	Y	VALEUR	VAR-EST	ET-EST
1	62.5000	-87.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
2	187.5000	-87.5000	58.4566	148.5603	12.1885
3	312.5000	-87.5000	64.2597	56.5179	7.5178
4	437.5000	-87.5000	65.1876	23.1510	4.8115
5	562.5000	-87.5000	67.1442	79.5749	8.9205
6	687.5000	-87.5000	76.6033	223.5500	14.9516
7	812.5000	-87.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
8	937.5000	-87.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
9	62.5000	37.5000	56.9464	62.2210	7.8880
10	187.5000	37.5000	60.3715	143.4582	11.9774
11	312.5000	37.5000	50.1300	119.2879	10.9219
12	437.5000	37.5000	54.1715	53.4037	7.3078
13	562.5000	37.5000	76.4579	11.5954	3.4052
14	687.5000	37.5000	77.0770	35.4343	5.9527
15	812.5000	37.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
16	937.5000	37.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
17	62.5000	162.5000	54.9742	35.9851	5.9988
18	187.5000	162.5000	42.7992	238.8285	15.4541
19	312.5000	162.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
20	437.5000	162.5000	49.4696	126.1631	11.2322
21	562.5000	162.5000	53.4337	40.2828	6.3469
22	687.5000	162.5000	56.9426	77.1194	8.7818
23	812.5000	162.5000	57.8114	72.1818	8.4960
24	937.5000	162.5000	49.9291	364.4362	19.0902
25	62.5000	287.5000	61.8461	46.3062	6.8049
26	187.5000	287.5000	55.1754	49.1326	7.0095
27	312.5000	287.5000	59.5976	148.6202	12.1910
28	437.5000	287.5000	60.8255	128.6548	11.3426
29	562.5000	287.5000	57.4720	131.0913	11.4495
30	687.5000	287.5000	21.7402	213.5360	14.6129
31	812.5000	287.5000	37.2503	367.6478	19.1741
32	937.5000	287.5000	51.4225	190.7560	13.8114
33	62.5000	412.5000	88.7340	225.7257	15.0242
34	187.5000	412.5000	81.4444	345.3000	18.5822
35	312.5000	412.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
36	437.5000	412.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
37	562.5000	412.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
38	687.5000	412.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
39	812.5000	412.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500
40	937.5000	412.5000	-5.5500	-5.5500	-5.5500

TABLEAU 6 - Fichier de sortie PAQ.OPE

8.5 RETOUR

Cette option permet à l'utilisateur de retourner au menu principal.

9 DESCRIPTION DETAILLEE DU MODULE FIN

A la fin de la session, les données modifiées ainsi que les valeurs des paramètres initialisés par l'utilisateur au cours de la session de travail peuvent être sauvegardées (selon un format pré-établi et non variable) dans les fichiers "modifié" et "temporaire"; ces fichiers, qui portent le nom du fichier "nouveau" dont ils sont issus et qui sont identifiés par les extensions GPQ et GTP, respectivement, ne sont toutefois créés ou mis à jour que si l'utilisateur quitte le logiciel à travers le module FIN.

9.1 FICHIER "MODIFIE": PAQ.GPQ

Le nom d'un fichier "modifié" est pré-déterminé par le nom du fichier "nouveau" utilisé en première lecture des données et par l'extension GPQ. Ce fichier est toujours créé dans le répertoire courant (où travaille l'utilisateur).

Le fichier "modifié" comporte l'information contenue dans le fichier "nouveau" correspondant sous une forme fixe pré-établie. Cette information peut être originale ou avoir été modifiée à l'intérieur des modules DONNEES et STATISTIQUES.

Pour chaque variable lue en début de session, le fichier contient un indicateur dont la valeur caractérise le statut de la donnée correspondante:

- -1: donnée manquante, dont la valeur est inférieure ou égale à la valeur manquante;
- 0: donnée passive, ignorée dans les modules STATISTIQUES et STRUCTURE;
- 1: donnée active, utilisée dans tous les modules de travail.

En principe, un statut actif ou passif est attribué à chaque donnée non manquante en fonction de sa localisation par rapport à la zone d'intérêt.

Egalement pour chacune des variables lues, le fichier "modifié" contient un pondérateur pouvant être établi à l'intérieur du module STATISTIQUES. Par défaut, le pondérateur de chaque donnée active est égal à 1 sur le nombre de données actives. D'autre part, lorsque les données sont pondérées en fonction de leur localisation à l'intérieur de la zone d'étude, le pondérateur de chaque donnée active située à l'intérieur de la grille de pondération superposée à la zone d'étude prend une valeur entre 0 et 1.

Le fichier "modifié" contient de 6 à 9 colonnes selon qu'une ou deux variables sont lues.

- colonne 1: numéro d'identification de la station échantillonnée
- colonne 2: coordonnée cartésienne Est-Ouest de la station
- colonne 3: coordonnée cartésienne Nord-Sud de la station
- colonne 4: valeur de la variable 1
- colonne 5: indicateur de la variable 1
- colonne 6: pondérateur de la variable 1
- colonne 7: valeur de la variable 2
- colonne 8: indicateur de la variable 2
- colonne 9: pondérateur de la variable 2

Les pondérateurs des valeurs passives et manquantes sont mis égaux à zéro. De même, les pondérateurs des valeurs actives en dehors de la grille de cellule de pondération sont égaux à zéro. On retrouve à l'annexe B le contenu du fichier "modifié" PAQ.GPQ tel que créé à la fin de la session de travail reproduisant l'exemple d'application présenté dans ce manuel (ce qui correspond à la fin du chapitre 8).

9.2 FICHIER "TEMPORAIRE": PAQ.GTP

Un fichier "temporaire", de même nom que le fichier "modifié" mais avec l'extension GTP est créé simultanément dans le répertoire courant.

Le fichier "temporaire" contient les valeurs de certains paramètres d'entrée qui permettent à l'utilisateur de reproduire les résultats obtenus au cours de la session précédente sans avoir à réinitialiser tous les paramètres; les résultats de l'exécution des différents modules utilisés au cours de la session ne sont toutefois pas conservés.

Initialisées à l'intérieur de chaque module de lecture ou de travail, les valeurs des paramètres suivants sont conservées.

- LECTURE:

- Unité des coordonnées cartésiennes
- Nombre de variables lues

Pour chaque variable lue:

- Nom de la variable
- Unité de la variable
- Valeur manquante de la variable

- STATISTIQUES:

- Mode de pondération (0=UNIFORME; 1=LOCALISATION)
- Coordonnée X minimale / zone de pondération
- Coordonnée Y minimale / zone de pondération
- Pas X / zone de pondération
- Pas Y / zone de pondération
- Nombre de pas X / zone de pondération
- Nombre de pas Y / zone de pondération

- STRUCTURE:

Pour chaque variable lue:

- Nombre de directions
- Azimuths des directions
- Tolérances sur les azimuths
- Nombre de pas de distance
- Pas de distance
- Tolérance sur le pas de distance

Pour chaque variable lue:

- Effet de pépite
- Nombre de structures en gigognes
 - Pour chaque structure en gigognes:
 - Type d'anisotropie (0=ISOTROPIE; 1=GEOMETRIQUE; 2=ZONALE)
 - Angle de rotation
 - Anisotropie selon X (0=NON; 1=OUI)
 - Anisotropie selon Y (0=NON; 1=OUI)
 - Type de structure (0=SPHER; 1=EXP; 2=PUISS; 3=EFFET DE TROU)
 - Premier paramètre
 - Second paramètre

- KRIGEAGE:

Pour chaque variable lue:

- Centre de l'unité inférieure gauche selon X
- Centre de l'unité inférieure gauche selon Y
- Dimension de l'unité krigée selon X
- Dimension de l'unité krigée selon Y
- Nombre d'unités krigées selon X
- Nombre d'unités krigées selon Y
- Discrétisation de l'unité krigée selon X
- Discrétisation de l'unité krigée selon Y
- Rayon de recherche des données
- Valeur manquante pour unité non krigée
- Nombre maximal de données de krigeage
- Nombre minimal de données de krigeage
- Multiplicateur (de la variance d'estimation)

Tout comme pour le fichier PAQ.GPQ, on retrouve à l'annexe B le contenu du fichier "temporaire" PAQ.GTP tel que créé à la fin de la session de travail qui reproduit l'exemple d'application présenté dans ce manuel.

10 REFERENCES

BILONICK R.A. (1985). The space-time distribution of sulfate deposition in the Northeastern United States. *Atmospheric Environment* **19**, 1829-1845.

BILONICK R.A. (1983). Risk-qualified maps of hydrogen ion concentration for the New York State area for 1966-1978. *Atmospheric Environment* **17**, 2513-2524.

CLARK I. (1979). *Practical geostatistics*. Applied Sciences Pub. Ltd., London, 129p.

DAVID M. (1977). *Geostatistical ore reserve estimation*. Elsevier, New York.

FINKELSTEIN P.L. (1983). The spatial analysis of acid precipitation data. *J. Clim. and Appl. Met.* **23**, 52-62.

GUERTIN K. et J.P. VILLENEUVE (1990). La géostatistique appliquée à l'estimation des dépôts et concentrations en ions polluants reliés au phénomène des précipitations acides - Méthodologie d'évaluation et exemples d'application. Rapport Scientifique, INRS-Eau, mars 1990.

GUERTIN K., VILLENEUVE J.P., DESCHESNES S. et JACQUES G. (1988). The choice of working variables in the geostatistical estimation of the spatial distribution of ion concentration from acid precipitation. *Atmospheric Environment* **22**, 2787-2801.

ISAACKS E.H. et R.M. SRIVASTAVA (1988). Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics, *Math. Geology*, **20**, 313-341.

JOURNEL A.G. (1983). Non-parametric estimation of spatial distributions, *Math. Geology*, **15**, 445-468.

LEBEL T., BASTIN G., OBLED C. et J.D. CREUTIN (1987). On the accuracy of areal rainfall estimation: a case study. *Water Resources Research*, **23**, 2123-2134.

JOURNEL A.G. et HUIJBREGTS Ch.J. (1978). *Mining geostatistics*. Academic Press, New York, 600p.

REIGNER F. (1957). Les systèmes de projection et leurs applications. Tomes I et II, Secrétariat d'Etat aux travaux publics, au transports et au tourisme, IGN, Paris.

SEILKOP S.K. et FINKELSTEIN P.L. (1987). Acid precipitation patterns and trends in Eastern North America, 1980-84. *J. Clim. and Appl. Met.* **26**, 980-994.

SRIVASTAVA R.M. et PARKER H.M. (1989). Robust measures of spatial continuity. *Geostatistics, Vol.1*, M. Armstrong (ed.), Kluwer Academic Publishers, 295-308.

ANNEXE A

ANNEXE A: FICHIERS DE LECTURE

Le contenu des trois fichiers de lecture utilisés dans l'exemple d'application illustrant le fonctionnement du logiciel GEOPAQ est présenté dans cette annexe.

A-1 FICHER "NOUVEAU": PAQ.DAT (cf. chapitre 3)

1	734.51	306.84	140.7	0.8715	12.8959
2	905.31	694.02	116.3	1.2668	22.6781
3	355.38	172.59	109.7	3.0305	57.5157
4	45.72	241.85	123.1	3.0697	51.9178
5	143.03	273.23	132.0	3.0790	48.5640
6	709.38	191.02	159.9	3.5637	46.4014
7	453.64	0.18	161.4	3.6070	46.5287
8	356.37	379.91	140.8	3.6472	53.9306
9	963.31	277.18	175.7	3.7310	44.2112
10	538.21	198.91	214.3	3.8718	37.6157
11	113.15	228.30	173.0	3.9793	47.8894
12	152.48	210.64	176.4	4.4048	51.9883
13	384.69	-45.05	199.2	4.6220	48.3080
14	58.65	262.36	188.8	4.6330	51.0903
15	474.48	67.44	165.8	4.7095	59.1383
16	832.64	197.49	228.5	4.8119	43.8439
17	329.21	2.26	180.2	4.8433	55.9584
18	10.32	189.24	185.2	5.2543	59.0680
19	196.05	315.01	196.3	5.3152	56.3738
20	449.04	-90.49	191.5	5.3380	58.0348
21	102.60	8.22	219.2	5.3664	50.9707
22	227.47	-21.37	195.4	5.6672	60.3841
23	413.75	-73.22	188.4	5.7922	64.0090
24	21.41	279.06	240.4	5.9138	51.2166
25	572.17	-43.32	229.7	6.0804	55.1124
26	787.98	118.08	218.6	6.2391	59.4224
27	512.51	289.01	232.3	6.4283	57.6136
28	509.18	7.97	182.6	6.5262	74.4111

29	106.14	373.03	187.4	6.5465	72.7307
30	399.16	-148.40	218.1	6.6180	63.1756
31	670.29	62.54	217.2	6.7760	64.9519
32	309.79	-70.40	228.0	6.9676	63.6248
33	44.81	148.67	261.5	7.8660	62.6269
34	664.00	16.45	236.4	9.2177	81.1808
35	480.53	-153.76	309.4	9.7638	65.7017
36	610.65	90.31	382.5	10.5409	57.3753
37	573.23	40.01	277.3	10.9584	82.2765
38	575.29	-0.83	365.8	13.3142	75.7792
39	645.12	-18.19	203.2	-9.9900	-9.9900
40	607.99	-122.64	325.3	-9.9900	-9.9900
41	525.03	-31.81	182.9	-9.9900	-9.9900
42	543.41	-51.28	163.7	-9.9900	-9.9900
43	471.27	15.75	197.4	-9.9900	-9.9900
44	595.76	31.67	211.8	-9.9900	-9.9900
45	549.43	20.72	221.0	-9.9900	-9.9900
46	609.73	-74.47	235.6	-9.9900	-9.9900
47	570.24	-58.07	285.0	-9.9900	-9.9900
48	382.98	-17.05	294.0	-9.9900	-9.9900
49	133.89	-21.86	198.9	-9.9900	-9.9900
50	673.94	106.83	219.6	-9.9900	-9.9900
51	255.67	-76.43	236.6	-9.9900	-9.9900
52	580.37	232.01	186.1	-9.9900	-9.9900
53	940.05	187.64	276.7	-9.9900	-9.9900
54	793.08	149.46	185.6	-9.9900	-9.9900
55	432.00	-72.63	159.2	-9.9900	-9.9900
56	402.59	-137.49	219.2	-9.9900	-9.9900
57	419.84	-79.22	206.7	-9.9900	-9.9900
58	628.96	36.01	255.4	-9.9900	-9.9900
59	581.56	26.69	249.4	-9.9900	-9.9900
60	446.30	-112.61	227.6	-9.9900	-9.9900
61	571.00	-100.77	279.7	-9.9900	-9.9900
62	104.18	213.00	85.0	-9.9900	-9.9900
63	586.43	-73.58	210.2	-9.9900	-9.9900
64	423.89	-114.82	241.7	-9.9900	-9.9900
65	375.36	-98.24	214.6	-9.9900	-9.9900

66	65.12	416.11	77.1	-9.9900	-9.9900
67	751.60	105.42	254.4	-9.9900	-9.9900
68	208.05	623.91	140.2	-9.9900	-9.9900
69	800.47	114.34	182.1	-9.9900	-9.9900
70	835.50	599.25	188.8	-9.9900	-9.9900
71	609.63	-113.42	306.6	-9.9900	-9.9900
72	343.62	-118.01	159.8	-9.9900	-9.9900
73	390.92	-82.69	221.6	-9.9900	-9.9900
74	372.19	-6.92	266.7	-9.9900	-9.9900
75	524.78	12.69	193.6	-9.9900	-9.9900
76	913.89	198.45	150.4	-9.9900	-9.9900
77	885.95	257.03	135.6	-9.9900	-9.9900
78	104.15	257.35	160.8	-9.9900	-9.9900
79	660.01	101.65	262.8	-9.9900	-9.9900
80	384.45	-151.03	258.2	-9.9900	-9.9900
81	2.95	118.34	218.1	-9.9900	-9.9900
82	542.54	-16.01	179.3	-9.9900	-9.9900
83	669.93	191.92	274.0	-9.9900	-9.9900
84	507.96	-14.21	164.4	-9.9900	-9.9900
85	614.00	214.02	202.2	-9.9900	-9.9900
86	527.07	-93.14	224.1	-9.9900	-9.9900
87	656.65	-64.85	157.6	-9.9900	-9.9900
88	558.41	-90.93	295.2	-9.9900	-9.9900
89	968.87	410.13	207.7	-9.9900	-9.9900
90	526.30	-133.95	245.4	-9.9900	-9.9900
91	425.27	-152.11	196.3	-9.9900	-9.9900
92	334.51	-55.83	214.5	-9.9900	-9.9900
93	614.30	-19.03	168.4	-9.9900	-9.9900
94	892.33	238.68	186.6	-9.9900	-9.9900
95	96.07	299.95	197.9	-9.9900	-9.9900
96	522.28	268.13	208.2	-9.9900	-9.9900
97	546.70	-36.60	165.2	-9.9900	-9.9900
98	262.71	-84.58	216.0	-9.9900	-9.9900
99	356.01	444.47	167.8	-9.9900	-9.9900
100	612.40	-0.44	224.6	-9.9900	-9.9900
101	606.71	18.29	227.3	-9.9900	-9.9900
102	633.02	4.41	208.6	-9.9900	-9.9900

103	493.61	271.55	154.7	-9.9900	-9.9900
104	651.31	639.93	121.4	-9.9900	-9.9900
105	942.60	280.30	171.5	-9.9900	-9.9900
106	654.62	88.86	298.4	-9.9900	-9.9900
107	367.91	-60.46	213.8	-9.9900	-9.9900
108	124.28	267.77	196.6	-9.9900	-9.9900
109	189.87	-67.61	207.3	-9.9900	-9.9900
110	538.25	0.89	151.4	-9.9900	-9.9900
111	213.80	431.10	106.2	-9.9900	-9.9900
112	237.55	12.94	189.6	-9.9900	-9.9900
113	149.52	169.58	268.8	-9.9900	-9.9900
114	624.40	-100.95	223.4	-9.9900	-9.9900
115	493.13	-26.36	137.0	-9.9900	-9.9900
116	550.57	-148.13	272.2	-9.9900	-9.9900
117	788.28	190.10	142.5	-9.9900	-9.9900
118	686.93	126.84	161.5	-9.9900	-9.9900
119	668.02	119.92	273.6	-9.9900	-9.9900
120	195.33	-42.11	280.2	-9.9900	-9.9900
121	552.02	253.65	176.6	-9.9900	-9.9900
122	526.21	-161.82	277.2	-9.9900	-9.9900
123	665.76	34.91	244.8	-9.9900	-9.9900
124	490.04	-80.00	223.2	-9.9900	-9.9900
125	664.94	-44.69	220.7	-9.9900	-9.9900
126	495.37	-9.80	181.7	-9.9900	-9.9900
127	640.59	-40.29	95.7	-9.9900	-9.9900
128	456.28	-18.55	170.0	-9.9900	-9.9900
129	563.52	21.92	258.7	-9.9900	-9.9900
130	836.24	215.96	161.2	-9.9900	-9.9900
131	260.27	-43.37	190.4	-9.9900	-9.9900
132	319.65	-76.86	152.4	-9.9900	-9.9900
133	601.13	-27.81	200.3	-9.9900	-9.9900
134	591.97	-64.53	265.7	-9.9900	-9.9900
135	363.40	-35.93	215.8	-9.9900	-9.9900
136	501.34	-63.93	214.7	-9.9900	-9.9900
137	516.37	-148.31	302.9	-9.9900	-9.9900
138	589.48	33.77	225.4	-9.9900	-9.9900
139	496.94	-119.39	252.6	-9.9900	-9.9900

140	440.93	-134.56	213.7	-9.9900	-9.9900
141	515.31	-118.53	238.9	-9.9900	-9.9900
142	417.32	-23.33	162.4	-9.9900	-9.9900
143	448.30	-42.15	133.4	-9.9900	-9.9900
144	532.24	58.61	241.0	-9.9900	-9.9900
145	497.28	23.46	172.7	-9.9900	-9.9900
146	513.75	44.78	230.0	-9.9900	-9.9900
147	429.90	-46.49	132.0	-9.9900	-9.9900
148	659.42	-11.20	238.4	-9.9900	-9.9900
149	597.17	35.31	235.6	-9.9900	-9.9900
150	436.43	-84.08	157.4	-9.9900	-9.9900
151	510.18	-92.26	235.6	-9.9900	-9.9900
152	358.16	-100.59	190.2	-9.9900	-9.9900
153	437.69	-8.04	154.8	-9.9900	-9.9900
154	570.77	41.97	263.5	-9.9900	-9.9900
155	348.59	-27.28	200.8	-9.9900	-9.9900
156	623.46	-13.79	149.9	-9.9900	-9.9900
157	632.51	-51.15	179.3	-9.9900	-9.9900
158	4.09	79.87	249.0	-9.9900	-9.9900
159	385.80	-115.78	247.2	-9.9900	-9.9900
160	170.45	-43.01	152.0	-9.9900	-9.9900
161	887.71	220.15	185.7	-9.9900	-9.9900
162	619.83	-82.24	230.2	-9.9900	-9.9900
163	617.27	236.06	215.8	-9.9900	-9.9900
164	765.78	153.31	219.7	-9.9900	-9.9900
165	502.09	256.35	115.2	-9.9900	-9.9900
166	767.76	243.75	184.9	-9.9900	-9.9900
167	78.95	274.39	180.9	-9.9900	-9.9900
168	602.31	229.25	229.0	-9.9900	-9.9900
169	104.68	272.70	171.2	-9.9900	-9.9900
170	589.65	-25.51	204.0	-9.9900	-9.9900
171	678.79	-4.29	179.7	-9.9900	-9.9900
172	744.72	157.23	188.7	-9.9900	-9.9900
173	295.16	36.96	287.0	-9.9900	-9.9900
174	426.21	-100.11	218.9	-9.9900	-9.9900
175	397.60	-98.07	138.9	-9.9900	-9.9900
176	577.19	-108.45	287.4	-9.9900	-9.9900

177	589.32	240.86	204.2	-9.9900	-9.9900
178	593.49	163.09	361.2	-9.9900	-9.9900
179	44.72	294.23	199.3	-9.9900	-9.9900
180	106.88	182.62	255.6	-9.9900	-9.9900
181	721.52	179.72	173.4	-9.9900	-9.9900
182	355.92	-79.95	235.1	-9.9900	-9.9900
183	336.74	-44.87	179.1	-9.9900	-9.9900
184	561.15	-117.04	268.7	-9.9900	-9.9900
185	400.26	24.33	193.8	-9.9900	-9.9900
186	973.71	175.95	168.9	-9.9900	-9.9900
187	479.38	-62.66	181.4	-9.9900	-9.9900
188	119.44	177.55	221.6	-9.9900	-9.9900
189	241.78	-84.35	221.2	-9.9900	-9.9900
190	626.74	45.34	328.6	-9.9900	-9.9900
191	574.42	-143.61	365.8	-9.9900	-9.9900
192	654.43	-51.81	179.2	-9.9900	-9.9900
193	373.36	-140.88	226.0	-9.9900	-9.9900
194	416.63	-51.13	85.7	-9.9900	-9.9900
195	656.24	-33.33	170.3	-9.9900	-9.9900
196	463.74	-2.33	192.7	-9.9900	-9.9900
197	606.12	-102.16	279.2	-9.9900	-9.9900
198	566.88	-17.14	226.0	-9.9900	-9.9900
199	874.36	308.52	151.6	-9.9900	-9.9900
200	492.98	565.30	106.6	-9.9900	-9.9900
201	482.48	-98.12	220.2	-9.9900	-9.9900
202	588.43	605.60	182.6	-9.9900	-9.9900
203	817.71	306.29	165.3	-9.9900	-9.9900
204	646.09	-71.96	188.7	-9.9900	-9.9900
205	427.21	-66.73	190.6	-9.9900	-9.9900
206	599.93	40.76	281.9	-9.9900	-9.9900
207	349.93	-137.14	223.1	-9.9900	-9.9900
208	550.23	37.35	306.5	-9.9900	-9.9900
209	481.28	-118.49	265.6	-9.9900	-9.9900
210	490.46	-141.32	287.4	-9.9900	-9.9900
211	163.69	240.87	236.7	-9.9900	-9.9900
212	300.19	-47.19	210.5	-9.9900	-9.9900
213	389.91	-130.97	243.9	-9.9900	-9.9900

214	735.27	190.59	164.4	-9.9900	-9.9900
215	514.66	-33.12	91.9	-9.9900	-9.9900
216	626.68	-71.35	201.2	-9.9900	-9.9900
217	494.20	-7.87	187.9	-9.9900	-9.9900
218	462.03	-91.31	238.3	-9.9900	-9.9900
219	598.36	-135.28	184.0	-9.9900	-9.9900
220	516.00	264.79	152.1	-9.9900	-9.9900
221	361.06	-48.76	148.6	-9.9900	-9.9900
222	453.33	-44.34	141.0	-9.9900	-9.9900
223	379.25	-65.07	181.7	-9.9900	-9.9900
224	859.33	240.11	161.4	-9.9900	-9.9900
225	879.47	194.20	164.0	-9.9900	-9.9900
226	413.07	-101.05	188.1	-9.9900	-9.9900
227	713.95	102.26	222.2	-9.9900	-9.9900
228	640.52	-84.77	171.3	-9.9900	-9.9900
229	488.16	105.50	169.0	-9.9900	-9.9900
230	633.31	52.52	259.4	-9.9900	-9.9900
231	958.10	289.94	126.6	-9.9900	-9.9900
232	260.09	-19.15	247.1	-9.9900	-9.9900
233	365.95	-117.96	168.3	-9.9900	-9.9900
234	618.07	51.19	299.3	-9.9900	-9.9900
235	392.27	-99.53	220.6	-9.9900	-9.9900
236	560.63	14.64	72.0	-9.9900	-9.9900
237	492.54	51.53	235.1	-9.9900	-9.9900
238	607.33	34.93	171.3	-9.9900	-9.9900
239	365.40	-91.87	224.6	-9.9900	-9.9900
240	539.34	-108.60	270.6	-9.9900	-9.9900
241	406.45	-13.26	191.6	-9.9900	-9.9900
242	370.88	-122.07	243.1	-9.9900	-9.9900
243	574.50	237.81	200.5	-9.9900	-9.9900
244	137.07	246.09	145.2	-9.9900	-9.9900
245	540.31	263.48	175.6	-9.9900	-9.9900
246	689.52	75.03	156.5	-9.9900	-9.9900
247	637.71	187.33	187.6	-9.9900	-9.9900
248	610.39	216.00	169.4	-9.9900	-9.9900
249	279.28	-61.98	209.8	-9.9900	-9.9900
250	437.86	-121.34	234.2	-9.9900	-9.9900

251	127.88	272.09	196.5	-9.9900	-9.9900
252	708.53	146.71	154.5	-9.9900	-9.9900
253	666.97	127.34	214.5	-9.9900	-9.9900
254	416.20	-93.83	224.3	-9.9900	-9.9900
255	462.69	-18.96	147.8	-9.9900	-9.9900
256	307.68	6.05	201.5	-9.9900	-9.9900
257	460.71	-70.80	214.9	-9.9900	-9.9900
258	694.91	91.55	215.6	-9.9900	-9.9900
259	144.99	401.29	228.1	-9.9900	-9.9900
260	832.26	287.89	173.6	-9.9900	-9.9900
261	919.03	615.34	113.4	-9.9900	-9.9900
262	627.18	58.28	324.9	-9.9900	-9.9900
263	235.37	41.09	194.9	-9.9900	-9.9900
264	38.76	328.69	151.5	-9.9900	-9.9900
265	694.72	23.12	223.9	-9.9900	-9.9900
266	770.34	99.70	185.1	-9.9900	-9.9900
267	905.21	201.98	192.6	-9.9900	-9.9900
268	536.99	26.89	197.8	-9.9900	-9.9900
269	629.68	19.33	238.4	-9.9900	-9.9900
270	624.90	-125.08	229.3	-9.9900	-9.9900
271	29.45	307.70	196.7	-9.9900	-9.9900
272	572.58	-124.96	300.3	-9.9900	-9.9900
273	831.28	228.86	148.8	-9.9900	-9.9900
274	402.59	-83.56	203.2	-9.9900	-9.9900
275	999.56	595.48	93.7	-9.9900	-9.9900
276	397.01	31.99	156.3	-9.9900	-9.9900
277	755.34	223.57	186.5	-9.9900	-9.9900
278	157.29	426.91	193.4	-9.9900	-9.9900
279	586.83	-95.86	278.6	-9.9900	-9.9900
280	462.44	-126.64	250.5	-9.9900	-9.9900
281	158.89	-30.47	195.8	-9.9900	-9.9900
282	379.54	-78.11	204.2	-9.9900	-9.9900
283	809.25	212.21	128.1	-9.9900	-9.9900
284	749.09	608.30	62.0	-9.9900	-9.9900
285	573.87	-156.59	295.2	-9.9900	-9.9900
286	557.43	55.53	288.0	-9.9900	-9.9900
287	123.01	214.40	195.5	-9.9900	-9.9900

288	911.45	261.15	161.0	-9.9900	-9.9900
289	374.94	-120.53	211.9	-9.9900	-9.9900
290	448.78	-155.53	313.4	-9.9900	-9.9900
291	399.80	-103.81	195.4	-9.9900	-9.9900
292	660.55	208.80	222.6	-9.9900	-9.9900
293	106.52	425.53	179.6	-9.9900	-9.9900
294	284.22	426.11	108.1	-9.9900	-9.9900
295	523.09	238.53	164.8	-9.9900	-9.9900
296	329.83	-64.73	210.7	-9.9900	-9.9900
297	815.37	279.43	79.5	-9.9900	-9.9900
298	221.23	-80.35	208.4	-9.9900	-9.9900
299	363.60	-147.56	242.8	-9.9900	-9.9900
300	227.26	105.30	114.7	-9.9900	-9.9900
301	652.23	50.09	236.0	-9.9900	-9.9900
302	315.28	-9.51	181.6	-9.9900	-9.9900
303	619.68	-48.87	230.6	-9.9900	-9.9900
304	414.51	-99.29	213.2	-9.9900	-9.9900
305	651.02	94.52	290.5	-9.9900	-9.9900
306	10.89	302.78	103.7	-9.9900	-9.9900
307	315.28	121.41	218.6	-9.9900	-9.9900
308	306.91	-58.97	141.7	-9.9900	-9.9900
309	252.36	355.84	66.9	-9.9900	-9.9900
310	917.09	161.58	164.6	-9.9900	-9.9900
311	668.64	95.87	202.0	-9.9900	-9.9900
312	648.88	22.43	241.6	-9.9900	-9.9900
313	763.52	179.19	145.5	-9.9900	-9.9900
314	701.78	58.12	218.6	-9.9900	-9.9900
315	22.02	157.59	206.2	-9.9900	-9.9900
316	533.51	226.88	150.6	-9.9900	-9.9900
317	712.99	48.66	188.9	-9.9900	-9.9900
318	590.20	-44.07	225.9	-9.9900	-9.9900
319	786.95	167.95	239.3	-9.9900	-9.9900
320	290.93	59.66	231.0	-9.9900	-9.9900
321	65.01	289.41	127.6	-9.9900	-9.9900
322	10.38	153.14	172.9	-9.9900	-9.9900
323	570.97	213.95	220.8	-9.9900	-9.9900
324	631.66	467.95	182.2	-9.9900	-9.9900

325	843.71	199.39	163.9	-9.9900	-9.9900
326	7.83	172.79	229.6	-9.9900	-9.9900
327	385.20	-106.43	222.6	-9.9900	-9.9900
328	378.81	376.11	168.2	-9.9900	-9.9900
329	409.92	-126.86	245.6	-9.9900	-9.9900
330	41.05	304.04	135.0	-9.9900	-9.9900
331	453.28	502.39	169.6	-9.9900	-9.9900
332	301.38	-34.28	192.3	-9.9900	-9.9900
333	71.07	185.38	248.0	-9.9900	-9.9900
334	475.55	-40.16	150.1	-9.9900	-9.9900
335	943.94	178.81	180.8	-9.9900	-9.9900
336	494.75	-43.15	183.2	-9.9900	-9.9900
337	695.66	183.91	221.2	-9.9900	-9.9900
338	625.89	202.51	194.8	-9.9900	-9.9900
339	744.19	114.74	190.7	-9.9900	-9.9900
340	266.15	28.62	223.6	-9.9900	-9.9900
341	542.07	-79.04	152.0	-9.9900	-9.9900
342	812.95	177.13	186.0	-9.9900	-9.9900
343	53.29	300.91	72.7	-9.9900	-9.9900
244	233.66	-74.19	243.7	-9.9900	-9.9900
345	591.01	-122.00	310.6	-9.9900	-9.9900
346	656.67	116.54	242.7	-9.9900	-9.9900
347	549.07	-123.92	216.3	-9.9900	-9.9900
348	689.64	136.02	257.8	-9.9900	-9.9900

A-2 FICHER "MODIFIE": PAQ.GPQ (cf. chapitre 9)

1	734.51	306.84	140.7000	1	3.0303E-002	0.8715	1	4.5455E-002
2	905.31	694.02	116.3000	0	0.0000E+000	1.2668	0	0.0000E+000
3	355.38	172.59	109.7000	1	1.5152E-002	3.0305	1	4.5455E-002
4	45.72	241.85	123.1000	1	1.8939E-003	3.0697	1	1.1364E-002
5	143.03	273.23	132.0000	1	6.0606E-003	3.0790	1	2.2727E-002
6	709.38	191.02	159.9000	1	1.5949E-003	3.5637	1	4.5455E-002
7	453.64	0.18	161.4000	1	1.8939E-003	3.6070	1	2.2727E-002
8	356.37	379.91	140.8000	1	7.5758E-003	3.6472	1	4.5455E-002
9	963.31	277.18	175.7000	1	5.0505E-003	3.7310	1	4.5455E-002
10	538.21	198.91	214.3000	1	6.0606E-003	3.8718	1	4.5455E-002
11	113.15	228.30	173.0000	1	1.8939E-003	3.9793	1	1.1364E-002
12	152.48	210.64	176.4000	1	1.0101E-002	4.4048	1	4.5455E-002
13	384.69	-45.05	199.2000	1	6.7340E-004	4.6220	1	1.1364E-002
14	58.65	262.36	188.8000	1	1.8939E-003	4.6330	1	1.1364E-002
15	474.48	67.44	165.8000	1	1.8939E-003	4.7095	1	2.2727E-002
16	832.64	197.49	228.5000	1	2.1645E-003	4.8119	1	2.2727E-002
17	329.21	2.26	180.2000	1	3.7879E-003	4.8433	1	4.5455E-002
18	10.32	189.24	185.2000	1	2.7548E-003	5.2543	1	2.2727E-002
19	196.05	315.01	196.3000	1	6.0606E-003	5.3152	1	2.2727E-002
20	449.04	-90.49	191.5000	1	6.7340E-004	5.3380	1	1.1364E-002
21	102.60	8.22	219.2000	1	1.5152E-002	5.3664	1	4.5455E-002
22	227.47	-21.37	195.4000	1	7.5758E-003	5.6672	1	4.5455E-002
23	413.75	-73.22	188.4000	1	6.7340E-004	5.7922	1	1.1364E-002
24	21.41	279.06	240.4000	1	1.8939E-003	5.9138	1	1.1364E-002
25	572.17	-43.32	229.7000	1	7.9745E-004	6.0804	1	4.5455E-002
26	787.98	118.08	218.6000	1	2.1645E-003	6.2391	1	2.2727E-002
27	512.51	289.01	232.3000	1	2.3310E-003	6.4283	1	4.5455E-002
28	509.18	7.97	182.6000	1	1.0449E-003	6.5262	1	1.1364E-002
29	106.14	373.03	187.4000	1	1.0101E-002	6.5465	1	4.5455E-002
30	399.16	-148.40	218.1000	1	6.7340E-004	6.6180	1	1.1364E-002
31	670.29	62.54	217.2000	1	1.3774E-003	6.7760	1	2.2727E-002
32	309.79	-70.40	228.0000	1	1.1655E-003	6.9676	1	4.5455E-002
33	44.81	148.67	261.5000	1	2.7548E-003	7.8660	1	2.2727E-002
34	664.00	16.45	236.4000	1	1.3774E-003	9.2177	1	2.2727E-002
35	480.53	-153.76	309.4000	0	0.0000E+000	9.7638	0	0.0000E+000

36	610.65	90.31	382.5000	1	1.0449E-003	10.5409	1	1.1364E-002
37	573.23	40.01	277.3000	1	1.0449E-003	10.9584	1	1.1364E-002
38	575.29	-0.83	365.8000	1	1.0449E-003	13.3142	1	1.1364E-002
39	645.12	-18.19	203.2000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
40	607.99	-122.64	325.3000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
41	525.03	-31.81	182.9000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
42	543.41	-51.28	163.7000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
43	471.27	15.75	197.4000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
44	595.76	31.67	211.8000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
45	549.43	20.72	221.0000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
46	609.73	-74.47	235.6000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
47	570.24	-58.07	285.0000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
48	382.98	-17.05	294.0000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
49	133.89	-21.86	198.9000	1	7.5758E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
50	673.94	106.83	219.6000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
51	255.67	-76.43	236.6000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
52	580.37	232.01	186.1000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
53	940.05	187.64	276.7000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
54	793.08	149.46	185.6000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
55	432.00	-72.63	159.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
56	402.59	-137.49	219.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
57	419.84	-79.22	206.7000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
58	628.96	36.01	255.4000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
59	581.56	26.69	249.4000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
60	446.30	-112.61	227.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
61	571.00	-100.77	279.7000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
62	104.18	213.00	85.0000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
63	586.43	-73.58	210.2000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
64	423.89	-114.82	241.7000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
65	375.36	-98.24	214.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
66	65.12	416.11	77.1000	1	1.0101E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
67	751.60	105.42	254.4000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
68	208.05	623.91	140.2000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
69	800.47	114.34	182.1000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
70	835.50	599.25	188.8000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
71	609.63	-113.42	306.6000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
72	343.62	-118.01	159.8000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000

73	390.92	-82.69	221.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
74	372.19	-6.92	266.7000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
75	524.78	12.69	193.6000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
76	913.89	198.45	150.4000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
77	885.95	257.03	135.6000	1	5.0505E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
78	104.15	257.35	160.8000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
79	660.01	101.65	262.8000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
80	384.45	-151.03	258.2000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
81	2.95	118.34	218.1000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
82	542.54	-16.01	179.3000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
83	669.93	191.92	274.0000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
84	507.96	-14.21	164.4000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
85	614.00	214.02	202.2000	1	6.0606E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
86	527.07	-93.14	224.1000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
87	656.65	-64.85	157.6000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
88	558.41	-90.93	295.2000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
89	968.87	410.13	207.7000	1	3.0303E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
90	526.30	-133.95	245.4000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
91	425.27	-152.11	196.3000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
92	334.51	-55.83	214.5000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
93	614.30	-19.03	168.4000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
94	892.33	238.68	186.6000	1	5.0505E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
95	96.07	299.95	197.9000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
96	522.28	268.13	208.2000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
97	546.70	-36.60	165.2000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
98	262.71	-84.58	216.0000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
99	356.01	444.47	167.8000	1	7.5758E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
100	612.40	-0.44	224.6000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
101	606.71	18.29	227.3000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
102	633.02	4.41	208.6000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
103	493.61	271.55	154.7000	1	3.0303E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
104	651.31	639.93	121.4000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
105	942.60	280.30	171.5000	1	5.0505E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
106	654.62	88.86	298.4000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
107	367.91	-60.46	213.8000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
108	124.28	267.77	196.6000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
109	189.87	-67.61	207.3000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000

110	538.25	0.89	151.4000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
111	213.80	431.10	106.2000	1	1.0101E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
112	237.55	12.94	189.6000	1	7.5758E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
113	149.52	169.58	268.8000	1	1.0101E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
114	624.40	-100.95	223.4000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
115	493.13	-26.36	137.0000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
116	550.57	-148.13	272.2000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
117	788.28	190.10	142.5000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
118	686.93	126.84	161.5000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
119	668.02	119.92	273.6000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
120	195.33	-42.11	280.2000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
121	552.02	253.65	176.6000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
122	526.21	-161.82	277.2000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
123	665.76	34.91	244.8000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
124	490.04	-80.00	223.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
125	664.94	-44.69	220.7000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
126	495.37	-9.80	181.7000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
127	640.59	-40.29	95.7000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
128	456.28	-18.55	170.0000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
129	563.52	21.92	258.7000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
130	836.24	215.96	161.2000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
131	260.27	-43.37	190.4000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
132	319.65	-76.86	152.4000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
133	601.13	-27.81	200.3000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
134	591.97	-64.53	265.7000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
135	363.40	-35.93	215.8000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
136	501.34	-63.93	214.7000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
137	516.37	-148.31	302.9000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
138	589.48	33.77	225.4000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
139	496.94	-119.39	252.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
140	440.93	-134.56	213.7000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
141	515.31	-118.53	238.9000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
142	417.32	-23.33	162.4000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
143	448.30	-42.15	133.4000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
144	532.24	58.61	241.0000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
145	497.28	23.46	172.7000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
146	513.75	44.78	230.0000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000

147	429.90	-46.49	132.0000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
148	659.42	-11.20	238.4000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
149	597.17	35.31	235.6000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
150	436.43	-84.08	157.4000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
151	510.18	-92.26	235.6000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
152	358.16	-100.59	190.2000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
153	437.69	-8.04	154.8000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
154	570.77	41.97	263.5000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
155	348.59	-27.28	200.8000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
156	623.46	-13.79	149.9000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
157	632.51	-51.15	179.3000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
158	4.09	79.87	249.0000	1	1.5152E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
159	385.80	-115.78	247.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
160	170.45	-43.01	152.0000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
161	887.71	220.15	185.7000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
162	619.83	-82.24	230.2000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
163	617.27	236.06	215.8000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
164	765.78	153.31	219.7000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
165	502.09	256.35	115.2000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
166	767.76	243.75	184.9000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
167	78.95	274.39	180.9000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
168	602.31	229.25	229.0000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
169	104.68	272.70	171.2000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
170	589.65	-25.51	204.0000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
171	678.79	-4.29	179.7000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
172	744.72	157.23	188.7000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
173	295.16	36.96	287.0000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
174	426.21	-100.11	218.9000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
175	397.60	-98.07	138.9000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
176	577.19	-108.45	287.4000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
177	589.32	240.86	204.2000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
178	593.49	163.09	361.2000	1	6.0606E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
179	44.72	294.23	199.3000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
180	106.88	182.62	255.6000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
181	721.52	179.72	173.4000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
182	355.92	-79.95	235.1000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
183	336.74	-44.87	179.1000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000

184	561.15	-117.04	268.7000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
185	400.26	24.33	193.8000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
186	973.71	175.95	168.9000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
187	479.38	-62.66	181.4000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
188	119.44	177.55	221.6000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
189	241.78	-84.35	221.2000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
190	626.74	45.34	328.6000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
191	574.42	-143.61	365.8000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
192	654.43	-51.81	179.2000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
193	373.36	-140.88	226.0000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
194	416.63	-51.13	85.7000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
195	656.24	-33.33	170.3000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
196	463.74	-2.33	192.7000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
197	606.12	-102.16	279.2000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
198	566.88	-17.14	226.0000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
199	874.36	308.52	151.6000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
200	492.98	565.30	106.6000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
201	482.48	-98.12	220.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
202	588.43	605.60	182.6000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
203	817.71	306.29	165.3000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
204	646.09	-71.96	188.7000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
205	427.21	-66.73	190.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
206	599.93	40.76	281.9000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
207	349.93	-137.14	223.1000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
208	550.23	37.35	306.5000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
209	481.28	-118.49	265.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
210	490.46	-141.32	287.4000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
211	163.69	240.87	236.7000	1	6.0606E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
212	300.19	-47.19	210.5000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
213	389.91	-130.97	243.9000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
214	735.27	190.59	164.4000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
215	514.66	-33.12	91.9000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
216	626.68	-71.35	201.2000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
217	494.20	-7.87	187.9000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
218	462.03	-91.31	238.3000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
219	598.36	-135.28	184.0000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
220	516.00	264.79	152.1000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000

221	361.06	-48.76	148.6000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
222	453.33	-44.34	141.0000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
223	379.25	-65.07	181.7000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
224	859.33	240.11	161.4000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
225	879.47	194.20	164.0000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
226	413.07	-101.05	188.1000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
227	713.95	102.26	222.2000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
228	640.52	-84.77	171.3000	1	3.3670E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
229	488.16	105.50	169.0000	1	3.0303E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
230	633.31	52.52	259.4000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
231	958.10	289.94	126.6000	1	5.0505E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
232	260.09	-19.15	247.1000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
233	365.95	-117.96	168.3000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
234	618.07	51.19	299.3000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
235	392.27	-99.53	220.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
236	560.63	14.64	72.0000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
237	492.54	51.53	235.1000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
238	607.33	34.93	171.3000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
239	365.40	-91.87	224.6000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
240	539.34	-108.60	270.6000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
241	406.45	-13.26	191.6000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
242	370.88	-122.07	243.1000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
243	574.50	237.81	200.5000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
244	137.07	246.09	145.2000	1	6.0606E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
245	540.31	263.48	175.6000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
246	689.52	75.03	156.5000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
247	637.71	187.33	187.6000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
248	610.39	216.00	169.4000	1	6.0606E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
249	279.28	-61.98	209.8000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
250	437.86	-121.34	234.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
251	127.88	272.09	196.5000	1	6.0606E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
252	708.53	146.71	154.5000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
253	666.97	127.34	214.5000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
254	416.20	-93.83	224.3000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
255	462.69	-18.96	147.8000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
256	307.68	6.05	201.5000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
257	460.71	-70.80	214.9000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000

258	694.91	91.55	215.6000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
259	144.99	401.29	228.1000	1	1.0101E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
260	832.26	287.89	173.6000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
261	919.03	615.34	113.4000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
262	627.18	58.28	324.9000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
263	235.37	41.09	194.9000	1	7.5758E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
264	38.76	328.69	151.5000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
265	694.72	23.12	223.9000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
266	770.34	99.70	185.1000	1	3.0303E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
267	905.21	201.98	192.6000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
268	536.99	26.89	197.8000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
269	629.68	19.33	238.4000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
270	624.90	-125.08	229.3000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
271	29.45	307.70	196.7000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
272	572.58	-124.96	300.3000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
273	831.28	228.86	148.8000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
274	402.59	-83.56	203.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
275	999.56	595.48	93.7000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
276	397.01	31.99	156.3000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
277	755.34	223.57	186.5000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
278	157.29	426.91	193.4000	1	1.0101E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
279	586.83	-95.86	278.6000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
280	462.44	-126.64	250.5000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
281	158.89	-30.47	195.8000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
282	379.54	-78.11	204.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
283	809.25	212.21	128.1000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
284	749.09	608.30	62.0000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
285	573.87	-156.59	295.2000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
286	557.43	55.53	288.0000	1	1.0449E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
287	123.01	214.40	195.5000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
288	911.45	261.15	161.0000	1	5.0505E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
289	374.94	-120.53	211.9000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
290	448.78	-155.53	313.4000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000
291	399.80	-103.81	195.4000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
292	660.55	208.80	222.6000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
293	106.52	425.53	179.6000	1	1.0101E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
294	284.22	426.11	108.1000	1	7.5758E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000

295	523.09	238.53	164.8000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
296	329.83	-64.73	210.7000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
297	815.37	279.43	79.5000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
298	221.23	-80.35	208.4000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
299	363.60	-147.56	242.8000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
300	227.26	105.30	114.7000	1	1.0101E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
301	652.23	50.09	236.0000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
302	315.28	-9.51	181.6000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
303	619.68	-48.87	230.6000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
304	414.51	-99.29	213.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
305	651.02	94.52	290.5000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
306	10.89	302.78	103.7000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
307	315.28	121.41	218.6000	1	1.5152E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
308	306.91	-58.97	141.7000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
309	252.36	355.84	66.9000	1	7.5758E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
310	917.09	161.58	164.6000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
311	668.64	95.87	202.0000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
312	648.88	22.43	241.6000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
313	763.52	179.19	145.5000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
314	701.78	58.12	218.6000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
315	22.02	157.59	206.2000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
316	533.51	226.88	150.6000	1	2.3310E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
317	712.99	48.66	188.9000	1	1.3774E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
318	590.20	-44.07	225.9000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
319	786.95	167.95	239.3000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
320	290.93	59.66	231.0000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
321	65.01	289.41	127.6000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
322	10.38	153.14	172.9000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
323	570.97	213.95	220.8000	1	6.0606E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
324	631.66	467.95	182.2000	1	3.0303E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
325	843.71	199.39	163.9000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
326	7.83	172.79	229.6000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
327	385.20	-106.43	222.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
328	378.81	376.11	168.2000	1	3.0303E-002	-9.9900	-1	0.0000E+000
329	409.92	-126.86	245.6000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
330	41.05	304.04	135.0000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
331	453.28	502.39	169.6000	0	0.0000E+000	-9.9900	-1	0.0000E+000

332	301.38	-34.28	192.3000	1	1.1655E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
333	71.07	185.38	248.0000	1	2.7548E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
334	475.55	-40.16	150.1000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
335	943.94	178.81	180.8000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
336	494.75	-43.15	183.2000	1	6.7340E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
337	695.66	183.91	221.2000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
338	625.89	202.51	194.8000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
339	744.19	114.74	190.7000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
340	266.15	28.62	223.6000	1	3.7879E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
341	542.07	-79.04	152.0000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
342	812.95	177.13	186.0000	1	2.1645E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
343	53.29	300.91	72.7000	1	1.8939E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
244	233.66	-74.19	243.7000	1	4.3290E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
345	591.01	-122.00	310.6000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
346	656.67	116.54	242.7000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000
347	549.07	-123.92	216.3000	1	7.9745E-004	-9.9900	-1	0.0000E+000
348	689.64	136.02	257.8000	1	1.5949E-003	-9.9900	-1	0.0000E+000

A-3 FICHER "TEMPORAIRE": PAQ.GTP (cf. chapitre 9)

Mille			
2			
PR	DE		
mm	kg/h/s		
-9.99	-9.99		
1	1		
0			
-150			
125			
125			
8			
5			
4			
10	55	100	145
22.5	22.5	22.5	22.5
10			
40			
20			
4			
0	45	90	135
22.5	22.5	22.5	22.5
10			
58.96			
29.48			

850	
2	
0	2
0	10
1	0
1	1
0	0
1350	1000
120	160
1.5	
1	
0	
0	
1	
1	
0	
6.5	
260	
62.5	
-87.5	
125	
125	
8	
5	
4	
4	
125	
-5.55	
32	
2	
1	

62.5
-87.5
125
125
8
5
4
4
140
-5.55
32
2
1

ANNEXE B

ANNEXE B: FONCTIONS STRUCTURALES DE VARIABILITE

L'estimation géostatistique d'un phénomène naturel bi-dimensionnel défini dans l'espace cartésien nécessite la caractérisation de la structure de variabilité spatiale de ce phénomène, cette caractérisation étant réalisée à l'aide d'une "fonction structurale de variabilité". Le taux de variabilité (manque de corrélation) spatiale quantifié par une telle fonction dépend de la nature du phénomène étudié et de la représentativité du phénomène par l'échantillonnage disponible.

Bien que traditionnellement la géostatistique fasse appel à une fonction structurale de variabilité connue sous le nom de semi-variogramme, le logiciel GEOPAQ permet également à l'utilisateur de calculer la fonction 1-corrélogramme.

Dans cette annexe, on définit tout d'abord ces deux fonctions structurales expérimentales ainsi que leurs conditions d'application respectives. On introduit ensuite les principes de base servant à la modélisation mathématique de ces structures expérimentales.

B-1 DEFINITION DES FONCTIONS STRUCTURALES EXPERIMENTALES

Le logiciel GEOPAQ fait appel au calcul de deux types de fonctions structurales expérimentales basées sur les valeurs échantillonnées à partir du phénomène à l'étude: le semi-variogramme et la fonction 1-corrélogramme.

B-1.1 LE SEMI-VARIOGRAMME EXPERIMENTAL

Le semi-variogramme expérimental est défini en fonction du vecteur distance \mathbf{h} qui sépare chaque paire de valeurs échantillonnées. Par exemple, si on considère le phénomène des hauteurs de précipitation à l'intérieur d'une zone d'intérêt S, le semi-variogramme expérimental $\gamma_p(\mathbf{h})^*$ est défini comme suit:

$$\gamma_p(\mathbf{h})^* = \frac{1}{2NP(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{NP(\mathbf{h})} (p(x_i) - p(x_i+\mathbf{h}))^2$$

où les hauteurs de précipitation $p(x_i)$ et $p(x_i + \mathbf{h})$ définies aux points x_i et $x_i + \mathbf{h}$ situés à l'intérieur de la zone S , sont séparées par un vecteur distance \mathbf{h} et où $NP(\mathbf{h})$ est le nombre de paires $[p(x_i), p(x_i + \mathbf{h})]$ ainsi séparées par \mathbf{h} . De façon générale, la valeur du semi-variogramme $\gamma_p(\mathbf{h})^*$ augmente en fonction du module de distance h qui sépare les deux valeurs; elle peut également varier en fonction de la direction du vecteur \mathbf{h} .

Le plus souvent, on calcule le semi-variogramme expérimental $\gamma_p(\mathbf{h})^*$ à partir de hauteurs de précipitations $p(x_i)$ échantillonnées de façon éparsée selon une grille irrégulière superposée à la zone d'intérêt. Ceci amène l'utilisateur à calculer des semi-variogrammes expérimentaux $\gamma_p(\mathbf{h})^*$ en considérant une tolérance sur le pas de distance ainsi qu'une tolérance sur l'azimut de la direction du vecteur distance \mathbf{h} .

L'utilisateur doit donc préciser les valeurs des paramètres suivants lors du calcul de semi-variogrammes expérimentaux.

- **Pas de distance:** le pas de distance correspond à la distance de base pour laquelle le semi-variogramme est calculé; dans le cas d'une grille régulière de données, le pas de distance est égal à la maille de la grille; dans le cas d'un échantillonnage irrégulier, le pas de distance est établi en fonction de la distance moyenne minimale entre deux points échantillonnés.
- **Tolérance sur le pas de distance:** dans le cas d'une grille irrégulière, la tolérance est généralement mise égale à la moitié du pas de distance, ce qui permet d'utiliser un nombre maximal de paires de données pour le calcul de chaque valeur expérimentale; en présence d'une grille régulière de données, la tolérance peut être réduite considérablement.
- **Nombre de pas de distance:** le semi-variogramme expérimental n'étant valable que pour des distances inférieures à la moitié de la zone d'étude, le nombre de pas de distance doit être tel que le produit de ce nombre par le pas de distance demeure inférieur à cette limite; le semi-variogramme est alors calculé pour autant de multiples du pas de distance.
- **Nombre de directions:** comme le taux de variabilité spatiale quantifié par le semi-variogramme peut différer en fonction de la direction du vecteur distance \mathbf{h} , des semi-variogrammes directionnels sont calculés pour différentes directions; en général, on choisit quatre azimuths espacés de 45 degrés de façon à couvrir toute la zone d'intérêt.

- **Azimuths des directions:** les azimuths sont choisis en fonction des patrons de variabilité spécifiques au phénomène à l'étude; ces azimuths doivent être différents les uns des autres; par défaut, on choisit le plus souvent les azimuths de 0, 45, 90 et 135 degrés, l'azimuth 0 correspondant en général à la direction Est.
- **Tolérances sur les azimuths:** a priori, une tolérance de 22.5 degrés de part et d'autre de chacun des quatre azimuths choisis permet de couvrir l'ensemble de la zone d'intérêt sans superposition des angles de tolérance; afin de préciser davantage les axes de variabilité préférentielle et si le nombre de données disponibles est suffisant, l'utilisateur peut dans un second temps réduire la tolérance sur les azimuths. D'autre part, si l'utilisateur désire calculer un semi-variogramme omnidirectionnel, il doit indiquer une tolérance de 90 degrés.

B-1.1.1 SEMI-VARIOGRAMME STANDARDISE

A l'aide d'un calcul analogue à celui qui produit le semi-variogramme "traditionnel" défini ci-dessus, l'utilisateur peut également calculer un semi-variogramme standardisé pour lequel chaque valeur originale échantillonnée $p(x_i)$ est remplacée par sa valeur standardisée $ps(x_i)$ pour toute location x_i appartenant à la zone S:

$$ps(x_i) = [p(x_i) - par1] / par2$$

où par1 et par2 sont respectivement les paramètres à soustraire et diviseur utilisé dans la procédure de standardisation et initialisés par l'utilisateur. Le semi-variogramme correspondant $\gamma_{ps}(h)^*$ est alors calculé comme suit pour chaque vecteur distance h :

$$\gamma(h)_{ps}^* = \frac{1}{2NP(h)} \sum_{i=1}^{NP(h)} (ps(x_i) - ps(x_i+h))^2$$

Tel que mentionné au chapitre 4, les paramètres par1 et par2 sont le plus souvent identifiés à la moyenne (m_p) et à l'écart-type (σ_p) des valeurs originales échantillonnées $p(x_i)$. On rencontre également en pratique le cas où le paramètre à soustraire est égal à zéro (par1 = 0) et où le paramètre diviseur est égal à l'écart-type des données (par2 = σ_p); le semi-variogramme standardisé peut alors être qualifié de semi-variogramme réduit (Lebel et al., 1987; Guertin et Villeneuve, 1990).

B-1.1.2 SEMI-VARIOGRAMME DE L'INDICATRICE

Encore une fois à l'aide d'un calcul analogue à celui qui produit le semi-variogramme des données originales $p(x_i)$, l'utilisateur peut calculer le semi-variogramme des données indicatrices $\text{indp}(vs, x_i)$ correspondantes:

$$\gamma_{\text{indp}}(vs, h)^* = \frac{1}{2NP(h)} \sum_{i=1}^{NP(h)} (\text{indp}(vs, x_i) - \text{indp}(vs, x_i+h))^2$$

où les données indicatrices $\text{indp}(vs, x_i)$ sont définies en fonction d'une valeur-seuil vs initialisée par l'utilisateur:

$$\begin{aligned} \text{indp}(vs, x_i) &= 1 && \text{si } p(x_i) > vs \\ &= 0 && \text{sinon.} \end{aligned}$$

Tel que mentionné au chapitre 4, ce semi-variogramme sert à l'estimation des probabilités de dépassement de la valeur critique vs (Journel, 1983; Guertin et Villeneuve, 1990).

B-1.2 LE 1-CORRELOGRAMME EXPERIMENTAL

Au cours d'études récentes (Isaacks et Srivastava, 1988; Srivastava et Parker, 1989), la pertinence du semi-variogramme expérimental tel que défini plus-haut a été remise en question lors d'applications impliquant un ensemble de données comprenant des valeurs extrêmes et un échantillonnage irrégulier préférentiel. Les auteurs ont montré que, dans de telles circonstances, le semi-variogramme exhaustif était pauvrement représenté par le semi-variogramme expérimental traditionnel basé sur un échantillonnage restreint de données et que la fonction correspondante standardisée, le 1-corrélogramme, était plus fiable.

B-1.2.1 DEFINITION

Considérant toujours l'exemple des hauteurs de précipitation, la fonction expérimentale de corrélogramme est définie comme suit, pour chaque vecteur distance \mathbf{h} :

$$\rho_p(\mathbf{h})^* = C_p(\mathbf{h})^* / \sigma_p(\mathbf{h})^* / \sigma_p(-\mathbf{h})^*$$

où la covariance $C_p(\mathbf{h})^*$, les moyennes $m_p(\mathbf{h})^*$ et $m_p(-\mathbf{h})^*$ et les variances $\sigma_p^2(\mathbf{h})^*$ et $\sigma_p^2(-\mathbf{h})^*$ sont définies comme suit, $NP(\mathbf{h})$ étant le nombre de paires séparées par \mathbf{h} :

$$C_p(\mathbf{h})^* = \left[\frac{1}{NP(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{NP(\mathbf{h})} p(x_i) \cdot p(x_i+\mathbf{h}) \right] - \left[m_p(\mathbf{h})^* \cdot m_p(-\mathbf{h})^* \right]$$

$$m_p(-\mathbf{h})^* = \frac{1}{NP(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{NP(\mathbf{h})} p(x_i)$$

$$m_p(\mathbf{h})^* = \frac{1}{NP(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{NP(\mathbf{h})} p(x_i+\mathbf{h})$$

$$\sigma_p^2(-\mathbf{h})^* = \left[\frac{1}{NP(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{NP(\mathbf{h})} p(x_i) \cdot p(x_i) \right] - [m_p(-\mathbf{h})^*]^2$$

$$\sigma_p^2(\mathbf{h})^* = \left[\frac{1}{NP(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{NP(\mathbf{h})} p(x_i+\mathbf{h}) \cdot p(x_i+\mathbf{h}) \right] - [m_p(\mathbf{h})^*]^2$$

On doit noter, que contrairement au calcul du semi-variogramme, le calcul du corrélogramme expérimental prend en compte le sens du vecteur distance \mathbf{h} : les positions x_i et $x_i+\mathbf{h}$ représentent respectivement les points source et cible de chaque paire et ne sont pas interchangeables dans le calcul de $\rho_p(\mathbf{h})^*$. De plus, cette fonction étant standardisée, elle varie entre -1 et 1.

En pratique, on a recours à la fonction expérimentale 1-corrélogramme, $1-\rho_p(h)^*$, qui, tout comme le semi-variogramme, quantifie "l'absence de corrélation spatiale" et qui peut donc être modélisée à l'aide des modèles mathématiques couramment utilisés pour les semi-variogrammes.

B-1.2.2 UTILISATION DU 1-CORRELOGRAMME

La fonction 1-corrélogramme ne doit pas systématiquement remplacer le semi-variogramme dans toutes les applications. Jusqu'à présent, son utilisation n'a été justifiée que dans des cas particuliers d'hétéroscédacité et d'échantillonnage préférentiel de valeurs extrêmes (Srivastava et Parker, 1989). L'utilisateur doit donc au préalable s'assurer que les conditions suivantes sont remplies avant de procéder au calcul de fonctions 1-corrélogrammes:

- un histogramme à asymétrie positive (par exemple, de type lognormal) avec un coefficient de variation élevé (> 2.0);
- un patron d'échantillonnage irrégulier préférentiel;
- un nombre suffisant de données permettant le calcul de statistiques locales;
- un effet proportionnel direct entre les moyennes et variances locales des données;

Des recherches se poursuivent afin de préciser les conditions d'utilisation des corrélogrammes.

B-2 MODELISATION DES FONCTIONS STRUCTURALES EXPERIMENTALES

Les valeurs expérimentales des deux types de fonctions structurales définies ci-dessus offrent des caractéristiques spécifiques qui doivent être prises en compte lors de leur modélisation. On introduit donc les paramètres et concepts nécessaires à la modélisation des fonctions structurales ainsi que les cinq modèles mathématiques "définis positifs" (Journel et Huijbregts, 1978) les plus couramment utilisés.

B-2.1 PARAMETRES DU MODELE

Très souvent, la fonction structurale expérimentale apparaît comme une ligne brisée discontinue à l'origine (C_0) et qui croît systématiquement pour atteindre un palier ($C_0 + C$) à une distance (a) appelée portée (figure B-1). La discontinuité est communément appelée **effet de pépité** (C_0), bien que par définition, $\gamma(h) = 0$. Cette

discontinuité, s'il en est une, représente le palier d'une micro-structure de variabilité qui ne peut être clairement représentée à partir des valeurs échantillonnées qui servent à calculer la fonction structurale. Les erreurs de mesures des valeurs sont aussi reflétées dans l'effet de pépité. La **portée** est la distance au-delà de laquelle les valeurs de deux points ne sont plus corrélées; elle quantifie le concept intuitif de la zone d'influence du phénomène étudié. La valeur du **palier** ($C_0 + C$) correspond à la valeur du plateau atteint par les courbes expérimentales (incluant la valeur de l'effet de pépité). On doit noter toutefois que, pour certains phénomènes, le palier des semi-variogrammes expérimentaux peut ne pas exister de sorte que la fonction demeure croissante au-delà des distances maximales de calcul.

B-2.2 ISOTROPIE

Lorsque les fonctions structurales calculées pour différents azimuths coïncident, le phénomène à l'étude est dit "**isotrope**" (figure B-2). Les fonctions structurales directionnelles peuvent alors être remplacées par une fonction moyenne valable pour tous les azimuths. Une telle fonction moyenne est calculée à l'aide d'une tolérance de 90 degrés sur l'azimuth, qui dans ce cas peut être quelconque.

B-2.3 ANISOTROPIE

D'autre part, lorsque les fonctions structurales directionnelles ne coïncident pas, on est en présence d'une anisotropie. On identifie alors les deux axes principaux de variabilité directionnelle, c'est-à-dire les axes perpendiculaires dont les taux de variabilité sont minimal et maximal. Lorsque ces deux axes ne correspondent pas aux azimuths définis par les coordonnées cartésiennes (en général, EO et NS), un **angle de rotation** est utilisé pour relier le système d'axes des coordonnées cartésiennes au système d'axes d'anisotropie principale; cet angle, qui est défini dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, est établi entre l'azimuth 0 correspondant à la direction Est (axe des X) et le plus près des axes principaux (nouvel axe des X).

Il faut souligner qu'une anisotropie décelée dans les fonctions structurales directionnelles doit toujours correspondre à une réalité physique du phénomène. En pratique, on reconnaît deux types d'anisotropie.

- Anisotropie géométrique: un palier commun est atteint par les fonctions structurales des deux azimuths principaux (à angle droit) selon des portées différentes; ces portées

sont reliées par un rapport d'anisotropie défini comme étant la portée a_x selon le nouvel axe des X sur la portée a_y selon le nouvel axe des Y (figure B-3).

- Anisotropie zonale: des niveaux de variabilité maximale et minimale sont atteints par les fonctions structurales des deux azimuths principaux (à angle droit) alors que des niveaux de variabilité intermédiaires et identiques sont atteints pour les deux azimuths intermédiaires (figure B-4); une structure d'anisotropie zonale n'est valable que pour la composante des distances orientée selon l'azimuth de variabilité maximale.

B-2.4 STRUCTURES EN GIGOGNES

Il se peut que la variabilité quantifiée par $\gamma(\mathbf{h})$ soit due à diverses causes qui se manifestent à des échelles différentes. Par exemple, la variabilité des hauteurs de précipitation peut être générée à 3 niveaux différents: au niveau quasi-ponctuel (pour des distances inférieures à 5 km), l'effet de pépite C_0 reflète les micro-variabilités du phénomène (incluant les erreurs de mesures); puis, $\gamma_1(\mathbf{h})$, dont la portée est inférieure à 100 km, représente la variabilité particulière à des zones orographiques (montagnes, plaines, etc.); enfin, $\gamma_2(\mathbf{h})$, avec une portée de plus de 100 km, caractérise la variabilité de l'ensemble des zones à l'intérieur de la région d'intérêt. Ces diverses sources de variabilité, quantifiées par autant de **structures en gigognes** (Journel et Huijbregts, 1978, p.149), interviennent simultanément pour toutes les distances \mathbf{h} , de sorte que:

$$\gamma(\mathbf{h}) = C_0 + \gamma_1(\mathbf{h}) + \gamma_2(\mathbf{h})$$

B-2.5 STRUCTURES DEFINIES POSITIVES

Afin d'utiliser la fonction structurale à l'intérieur de l'algorithme d'estimation, on ajuste un modèle aux courbes expérimentales à l'aide de fonctions mathématiques "définies positives" qui assurent des variances d'estimation positives lors du krigeage (Journel et Huijbregts, 1978, p.35). En plus de l'**effet de pépite pur**, les modèles définis positifs les plus couramment utilisés en géostatistique sont les modèles **sphérique**, **exponentiel**, à **puissance** et à **effet de trou**, chacun étant défini à l'aide de deux paramètres (Journel et Huijbregts, 1978, pp.161-195).

- effet de pépite pur avec **palier** (C_0) et **micro-portée** (ϵ) :

$$\gamma(\mathbf{h}) = C_0$$

$$h > \epsilon$$

- modèle sphérique avec **palier (C)** et **portée (a)**:

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= C \cdot [1.5(h/a) - 0.5 (h/a)^3] = \text{Sph}(C, a) & 0 < h \leq a \\ &= C & h > a \end{aligned}$$

- modèle exponentiel avec **palier (C)** et **portée apparente (=3a)**:

$$\gamma(h) = C \cdot [1 - e^{(-h/a)}] = \text{Exp}(C, a) \quad h > 0$$

- modèle à puissance avec **pente (C)** et **puissance (a) $\in (0,2)$** :

$$\gamma(h) = C \cdot h^a = \text{Puis}(C, a) \quad h > 0$$

- modèle à effet de trou (sinus) avec **palier (C)** et **amplitude (a)**:

$$\gamma(h) = C \cdot [1 - (\sin(ah)/ah)] = \text{Trou}(C, a) \quad h > 0$$

On retrouve des illustrations de ces différents modèles aux figures B-5 à B-9.

B-2.6 AJUSTEMENT DU MODELE

Lors de l'ajustement d'un modèle mathématique aux fonctions structurales expérimentales, l'utilisateur doit entrer les valeurs des paramètres suivants:

- **Effet de pépité:** l'effet de pépité est la valeur de l'ordonnée à l'origine établie en extrapolant les valeurs expérimentales des fonctions structurales calculées. Un modèle à effet de pépité pur caractérise une absence de corrélation spatiale.
- **Nombre de structures en gigognes:** le nombre de structures en gigognes correspond au nombre de structures superposées nécessaires à la description des valeurs expérimentales des fonctions structurales calculées; dans le logiciel GEOPAQ, ce nombre, qui exclut l'effet de pépité, est limité à deux structures.
- **Type de structure:** pour chacune des structures en gigognes, l'utilisateur indique le type de structure en fonction des courbes expérimentales obtenues; il peut choisir entre les types sphérique, exponentiel, à puissance ou à effet de trou.

- **Type d'anisotropie:** pour chacune des structures en gigognes, l'utilisateur doit préciser si elle est isotrope ou anisotrope et, dans le second cas, indiquer le type d'anisotropie et de répondre à l'une des questions suivantes.

ZONALE - Axe selon lequel la structure anisotrope zonale est valide ?

L'utilisateur indique l'axe (X ou Y après rotation) selon lequel la structure est valide.

GEOMETRIQUE - Rapport des portées selon les axes d'anisotropie principale ?

Ce rapport doit représenter la portée selon l'axe X (après rotation) sur la portée selon l'axe Y (après rotation). En pratique, une anisotropie géométrique n'est possible que pour les modèles sphérique et exponentiel.

- **Angle de rotation:** pour chacune des structures en gigognes caractérisée par une anisotropie, l'utilisateur doit préciser l'angle de rotation (positif dans le sens contraire des aiguilles d'une montre) entre l'axe X original des coordonnées (direction Est) et le nouvel axe X correspondant à l'un des deux azimuths d'anisotropie principale; lorsque cet angle est égal à 0, l'anisotropie est orientée selon les axes originaux des coordonnées; en présence d'isotropie, cet angle est ignoré.

- **Premier paramètre de la structure:** pour chacune des structures en gigognes, le premier paramètre correspond au palier des courbes expérimentales moins l'effet de pépite (pour une structure de type sphérique, exponentiel ou à effet de trou) ou à la pente des courbes expérimentales (pour une structure de type puissance).

- **Second paramètre de la structure:** pour chacune des structures en gigognes, le second paramètre correspond à la portée des courbes expérimentales (sphérique), au tiers de la portée des courbes expérimentales (exponentiel), à l'exposant entre 0 et 2 de la pente des courbes expérimentales (puissance) ou à l'amplitude du sinus des courbes expérimentales (effet de trou). Dans le cas d'une anisotropie géométrique, le second paramètre à entrer correspond à la portée selon l'axe X (après rotation s'il y a lieu).

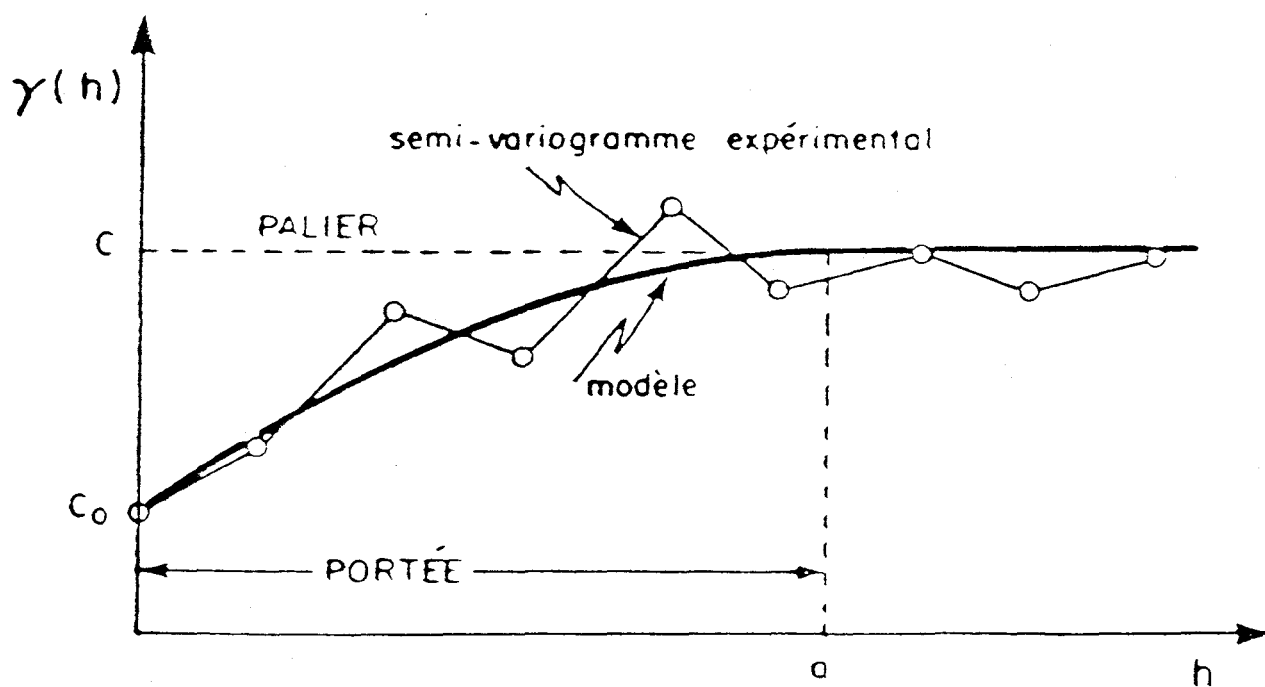


FIGURE B-1 - Paramètres d'un modèle mathématique à palier ajusté aux valeurs expérimentales d'une fonction structurale

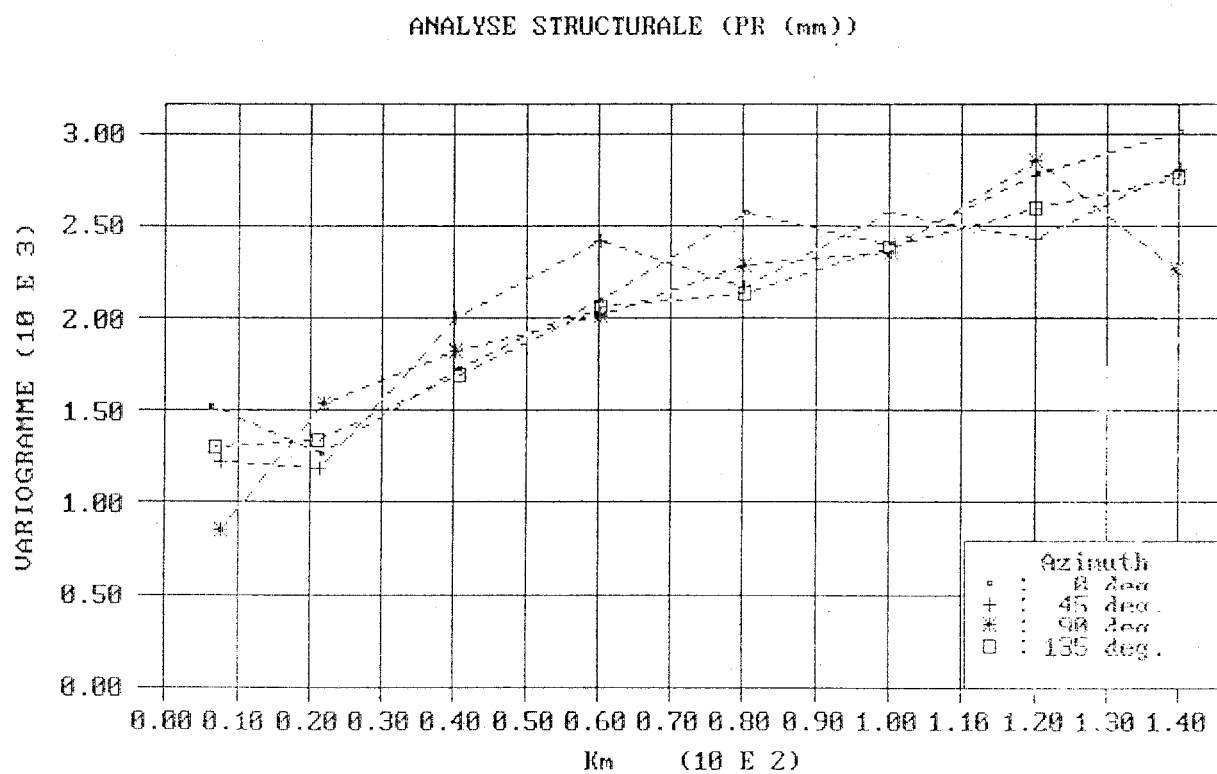


FIGURE B-2 - Exemple d'un phénomène dont la structure de variabilité est isotropique

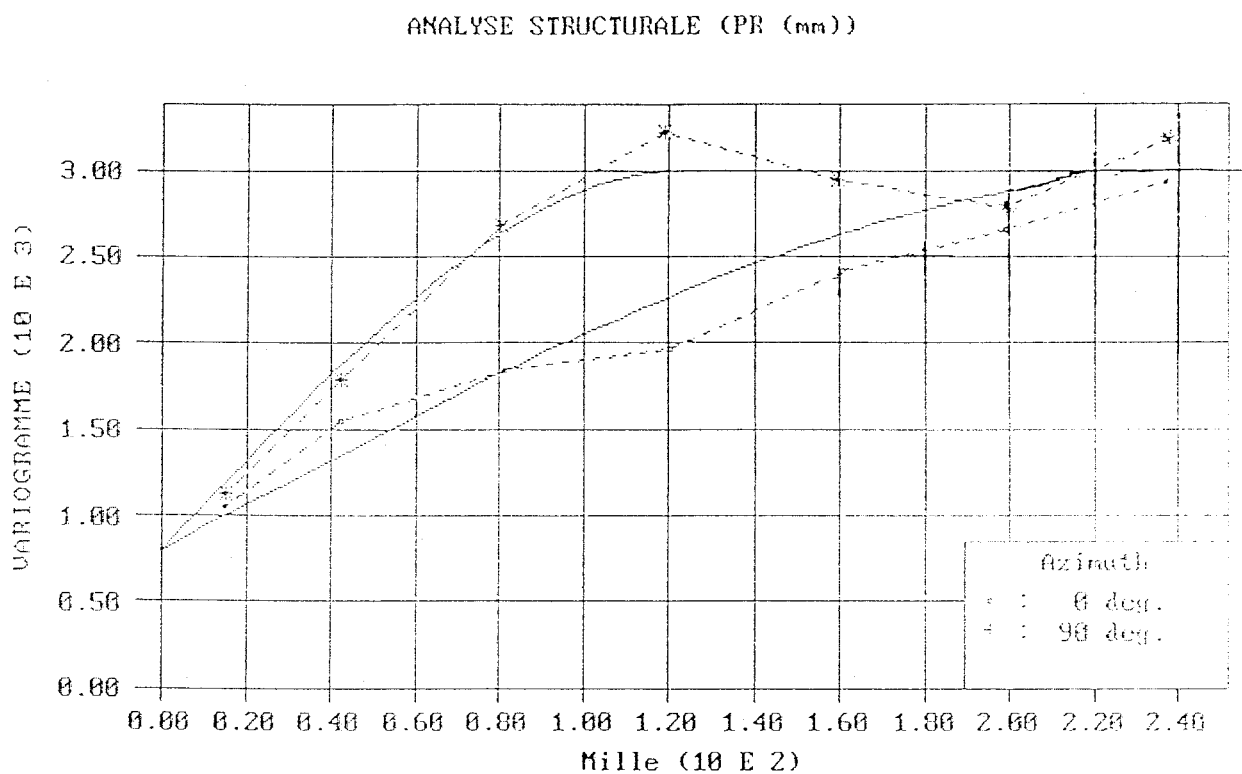


FIGURE B-3 - Exemple d'un phénomène dont la structure de variabilité directionnelle montre une anisotropie géométrique ($a_0/a_{90} = 2$)

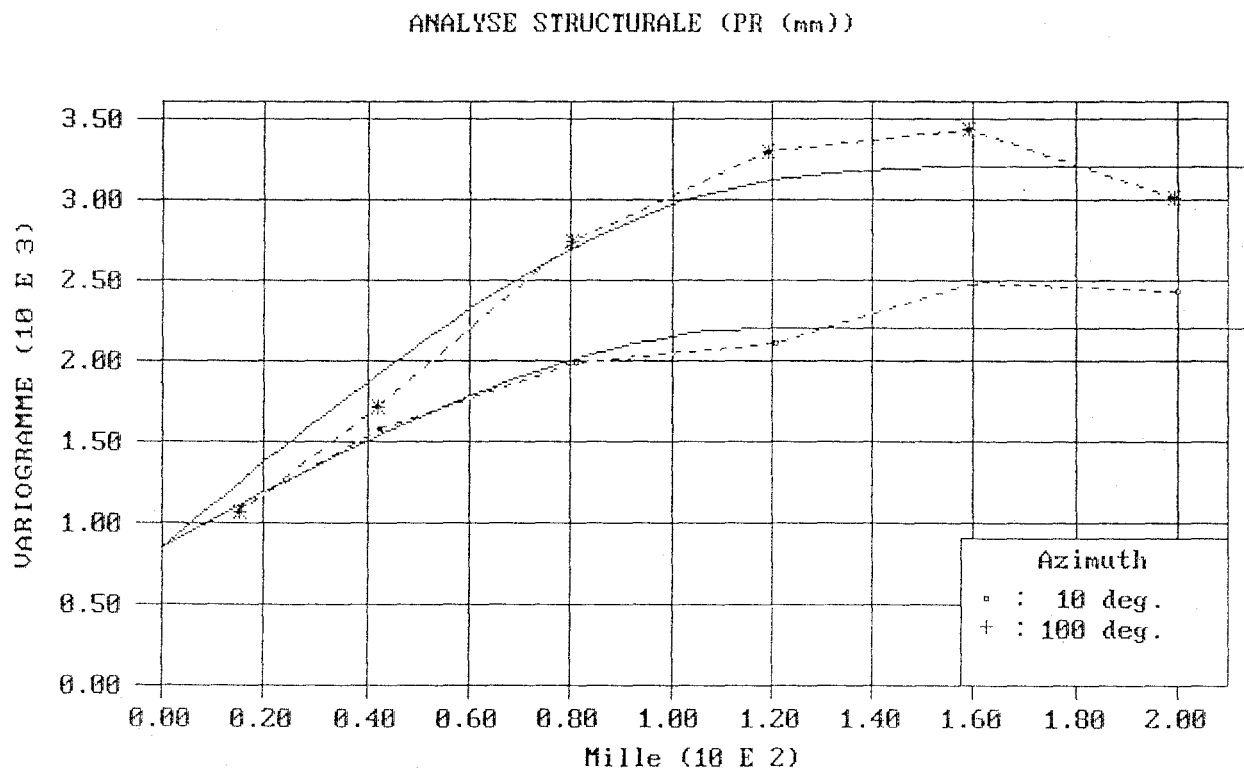


FIGURE B-4 - Exemple d'un phénomène dont la structure de variabilité directionnelle montre une anisotropie zonale (à 100 degrés)

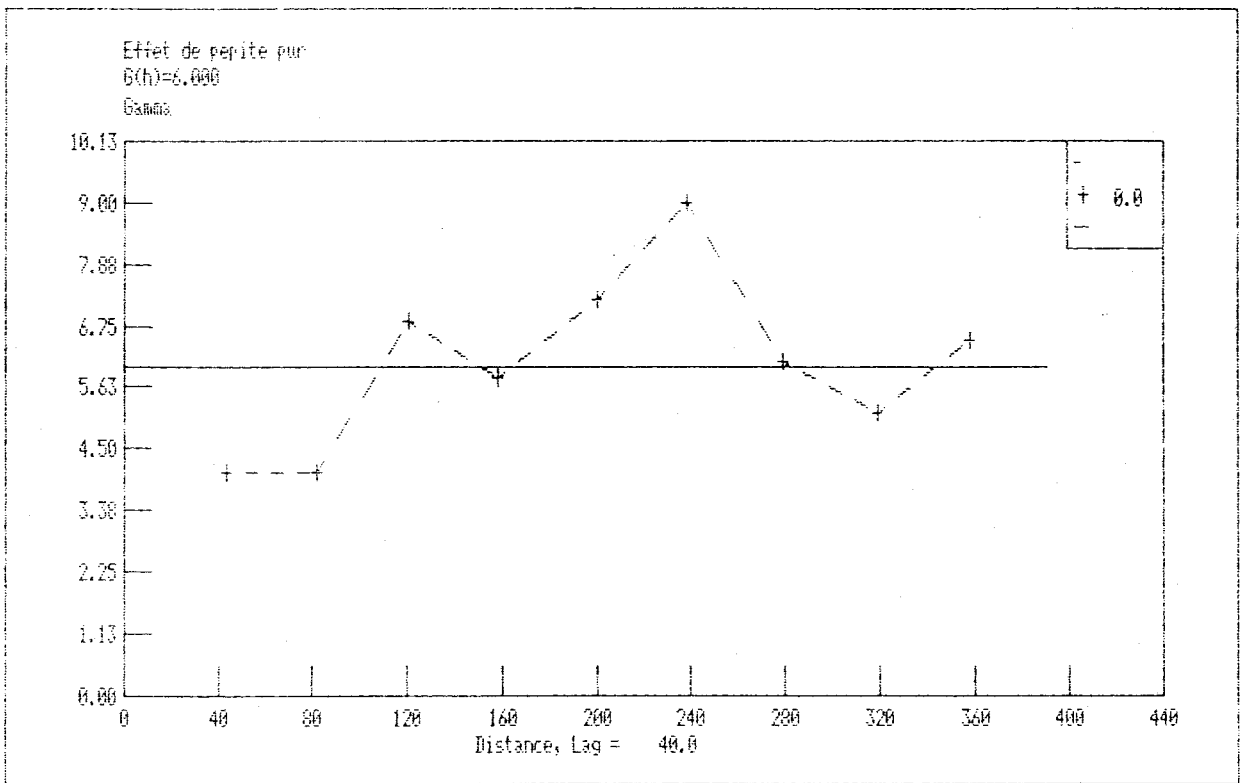


FIGURE B-5 - Exemple d'un modèle à effet de pépite pur: $C0 = 6.0$

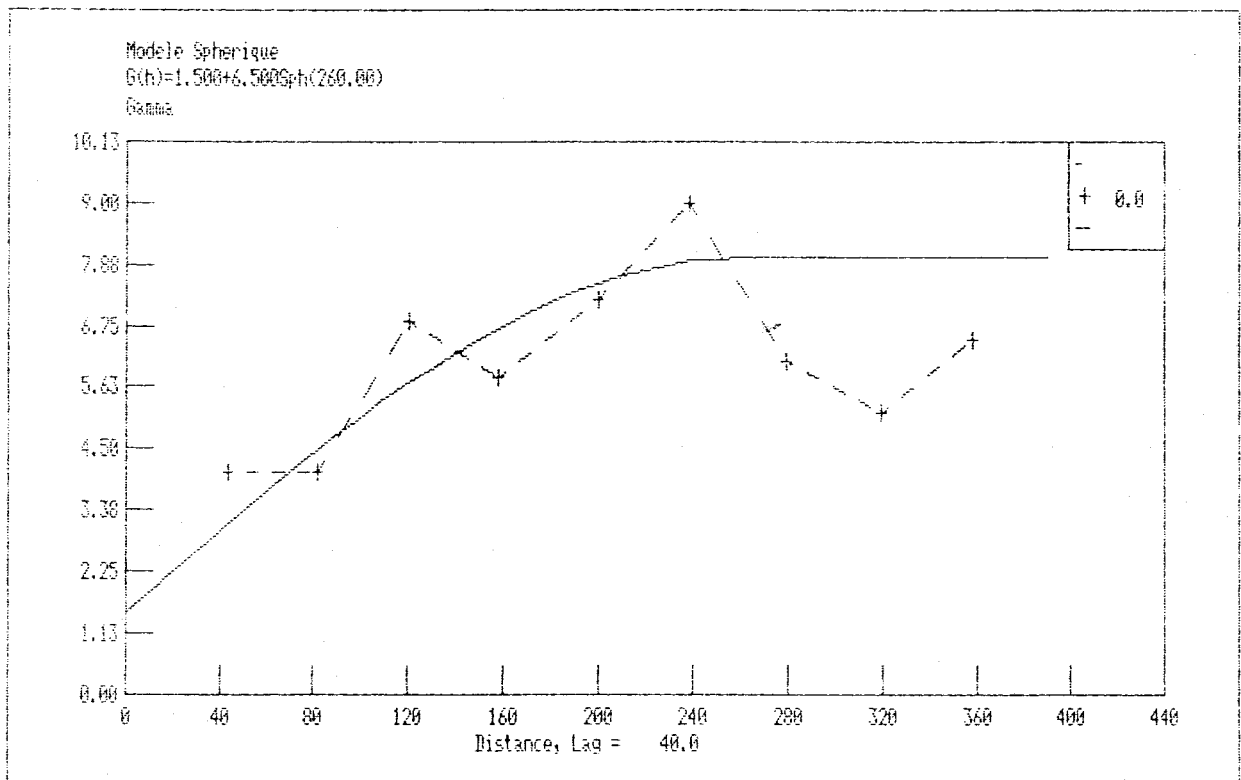


FIGURE B-6 - Exemple d'un modèle sphérique: $C_0 = 1.5$; $C = 6.5$; $a = 260$

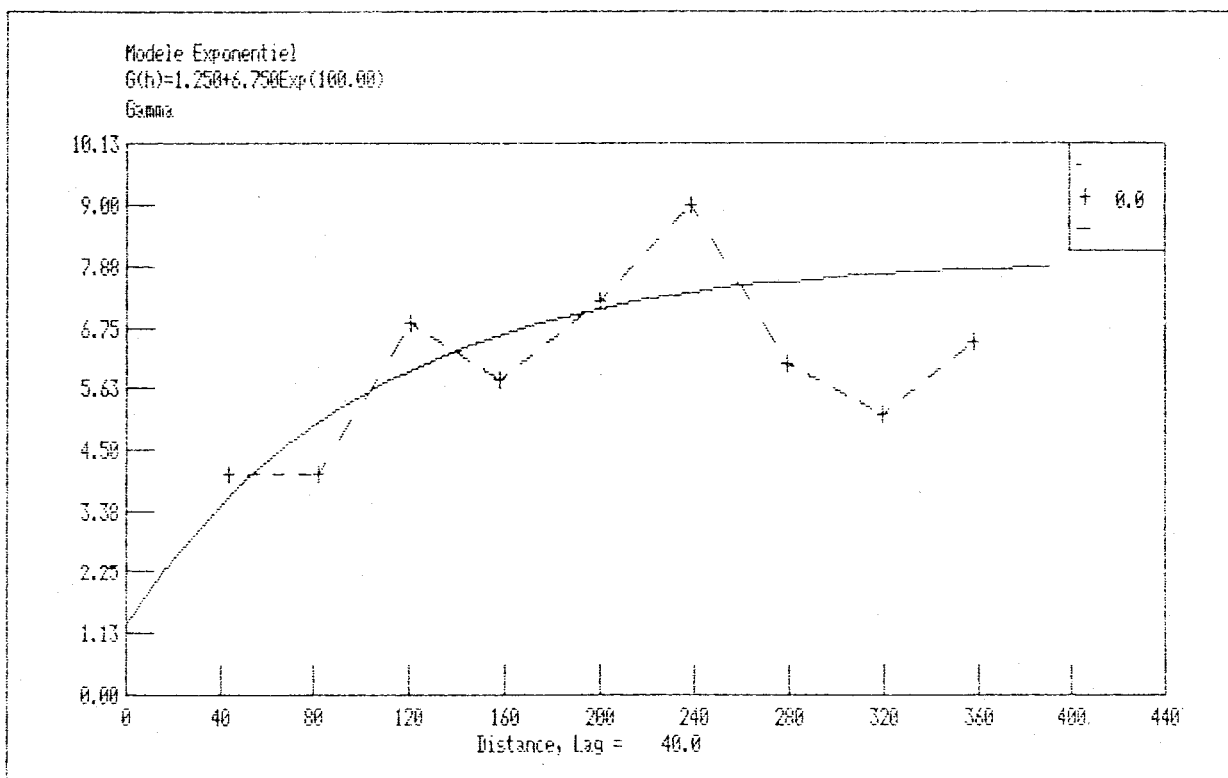


FIGURE B-7 - Exemple d'un modèle exponentiel: $C_0 = 1.25$; $C = 6.75$; $a = 100$

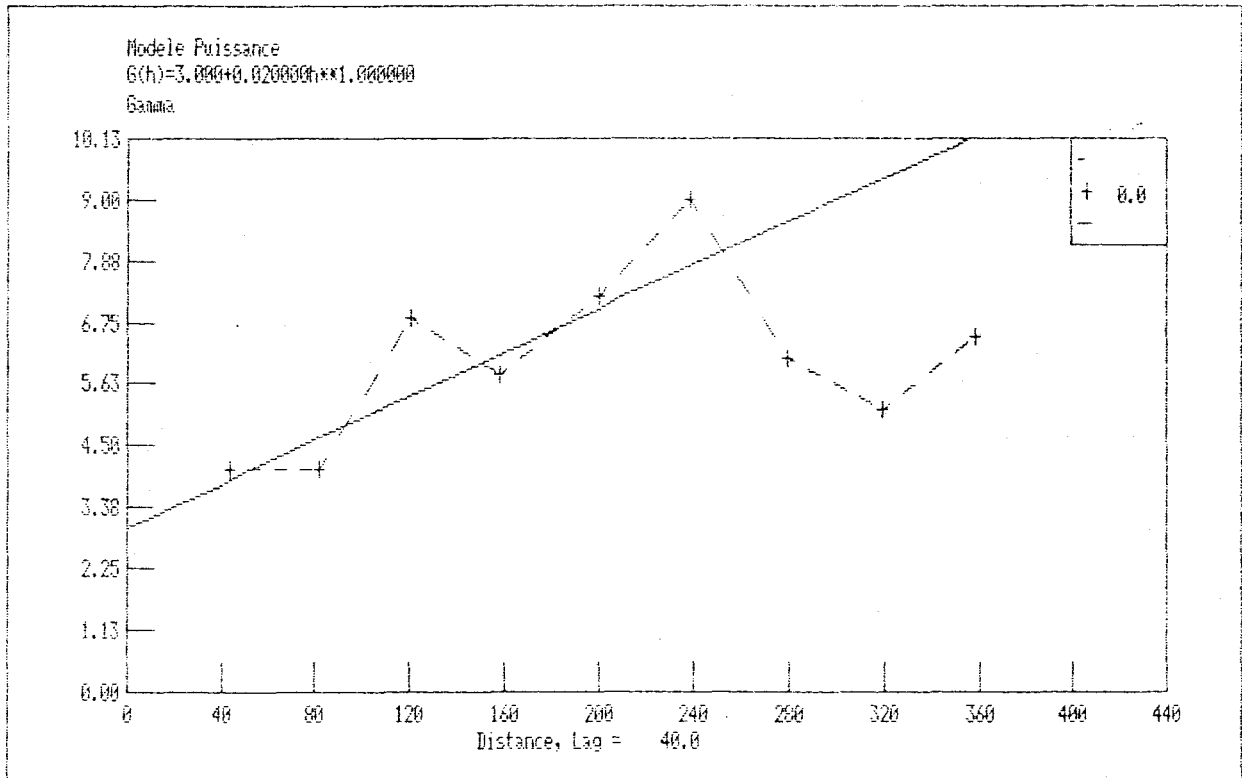


FIGURE B-8 - Exemple d'un modèle à puissance: $C_0 = 3.0$; $C = 0.02$; $a = 1$

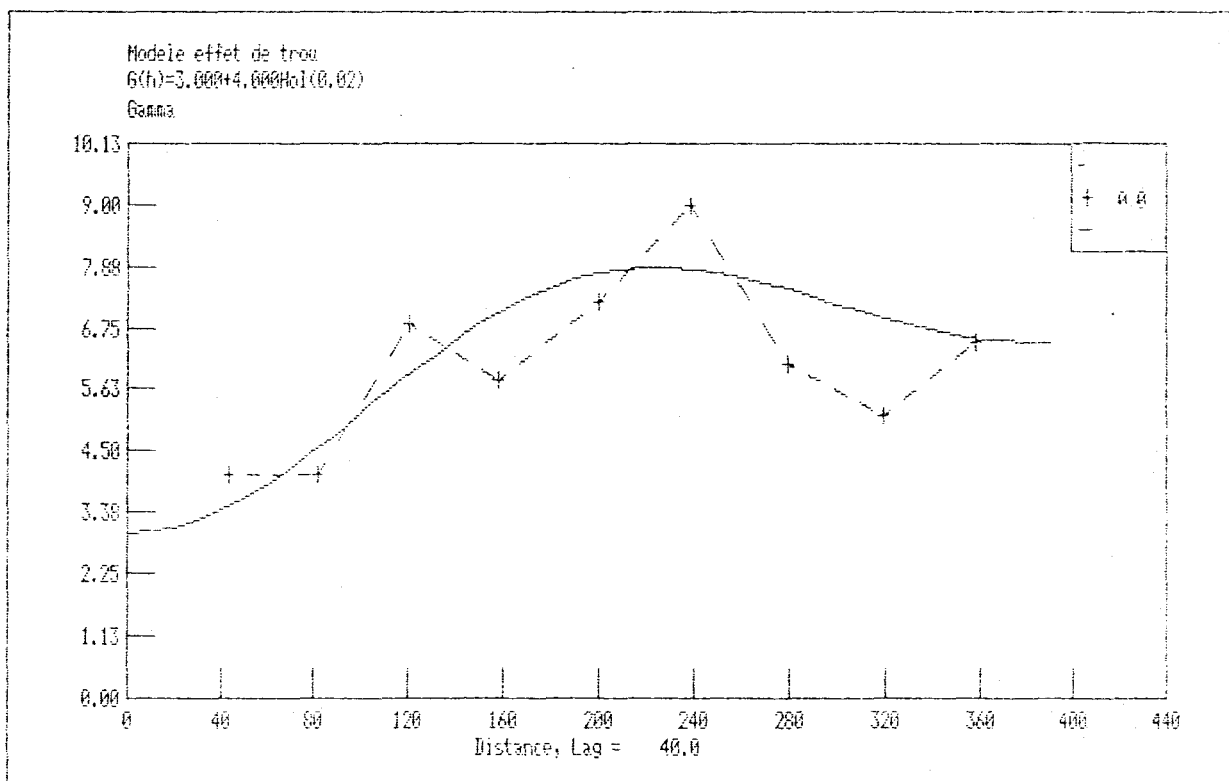


FIGURE B-9 - Exemple d'un modèle à effet de trou: $C_0 = 3.0$; $C = 4.0$; $a = 0.02$