

Introduction

1. Bref rappel historique

Le mot de « Géostatistique » fait son apparition en 1962. Ce mot, qui connaîtra d'ailleurs bien des avatars au gré des traductions, ne doit pas cacher une vérité évidente : « *Historically geostatistics are as old as mining itself.* ». Si, en toute généralité, on définit la Géostatistique comme l'étude des variables numériques réparties dans l'espace, il est clair alors que des problèmes essentiellement géostatistiques ont été abordés depuis fort longtemps : en art des mines certes, mais également en météorologie, topographie, cartographie — pour ne citer que quelques exemples.

L'innovation ne réside pas non plus dans l'arsenal mathématique requis. Ainsi par exemple, les Fonctions Aléatoires ont été introduites et étudiées dès les années 1930 par les Écoles française et soviétique (P. LÉVY, A. KOLMOGOROV, A. KHINTCHINE). Les outils théoriques que nous utilisons en Géostatistique Linéaire étaient en place dès les années 1940 (H. CRAMÉR, N. WIENER, S. BOCHNER). Quant aux méthodes comme les moindres carrés de GAUSS ou les paramètres de LAGRANGE, elles sont des plus classiques et font partie du bagage mathématique de base de l'ingénieur.

Le déclic, si l'on peut dire, qui a conduit à l'élaboration de ce que nous appelons ici et aujourd'hui la Géostatistique, c'est le rapprochement de ces deux domaines : des problèmes techniques parfois fort terre-à-terre d'une part, et d'autre part un arsenal de méthodes mathématiques. Sans doute d'ailleurs ce rapprochement était-il dans l'air puisque, dans l'espace d'une décennie, la Géostatistique s'est élaborée indépendamment dans le domaine minier, dans le domaine forestier (B. MATÉRN, en Suède), en météorologie (L.S. GANDIN, en URSS). Sans doute

Matheron, 1962(a).

Matheron, 1963(b).

Voir aussi R. Fortet
& A. Blanc-Lapierre,
1953.

Par exemple,
N. Wiener, 1949.

Matérn, 1959 ;
Gandin, 1960.

une recherche bibliographique approfondie trouverait-elle une évolution semblable dans d'autres disciplines encore.

Dans le cas de la Géostatistique élaborée à l'École des Mines de Fontainebleau, il est indéniable que les problèmes miniers ont joué un rôle privilégié. Au plan anecdotique, cette influence se fait sentir au niveau du vocabulaire (« effet de pépite », par exemple). Plus profondément, l'évolution de cette Géostatistique « made in Fontainebleau » a été étroitement guidée par les demandes du monde minier : il fut un temps où la succession des thèmes de recherche abordés à Fontainebleau reproduisait presque exactement les étapes d'un projet minier. Actuellement toutefois, l'heure est à une diversification des champs d'application, et nous essaierons dans le cours du texte d'éviter un vocabulaire trop spécifiquement lié à quelque domaine particulier que ce soit.

2. Trois âges de la géostatistique

Pour fixer les idées, nous examinerons ici les grandes lignes de l'évolution de la Géostatistique au sein de l'École française.

La *première étape* est d'inspiration exclusivement minière. Plus précisément encore, ce sont les problèmes rencontrés par les mineurs d'or d'Afrique du Sud qui suscitent les premières recherches. On mentionnera plus particulièrement les travaux de H.S. SICHEL, D.G. KRIGE, H.J. DE WIJS. L'idée directrice de ces recherches est de pallier les insuffisances de la statistique « classique » constatées dans l'étude des gisements très disséminés. Le néologisme « krigeage » est là pour rappeler cette rencontre entre une technique mathématique de régression et les difficultés d'exploitation du minerai d'or. Mais déjà, les applications s'étendent à d'autres produits : uranium, fer, nickel, cuivre.

Deux traits caractérisent ce premier âge de la Géostatistique. Au niveau pratique d'abord, les moyens de calculs demeurent fort rudimentaires. Aussi les publications abondent-elles en formules d'approximation, courbes ou abaques, qui progressivement constituent un véritable capital, afin d'éviter aux utilisateurs de reprendre des calculs fastidieux. Au niveau théorique ensuite, on remarque que les formalismes qui s'élaborent se placent souvent dans le cadre d'une loi de distribution donnée. Il s'agit non pas tant du modèle Gaussien — inadapté aux variables disséminées — que du modèle log-normal, pour lequel se manifeste un engouement extraordinaire dans les années 1950. D'autres modèles de distributions font l'objet de recherches théoriques (travaux de H.S. SICHEL).

Sichel, 1949, 1952,
Krige, 1951,
de Wijs, 1952.

Matheron, 1956.

En résumé, au sens étymologique, le terme de « Géostatistique » convient parfaitement à cette première phase. Cette période, étalée sur une quinzaine d'années, culmine avec la publication d'un certain nombre d'ouvrages de synthèse qui progressivement annoncent une orientation nouvelle.

Avec le *second* âge de la Géostatistique, que l'on peut situer de 1965 à la fin des années 1970, c'est la référence à des modèles statistiques qui est abandonnée. Ou bien on élabore des modèles qui ne font pas intervenir les lois de distribution (Géostatistique Linéaire), ou bien on se ramène préalablement à des modèles de référence par le jeu des anamorphoses. Parallèlement, on cherche à élargir les hypothèses de travail : c'est le développement d'une Géostatistique Non Stationnaire, puis d'une Géostatistique Non Linéaire. La Géostatistique Non Stationnaire–Non Linéaire reste encore à faire... Des formalismes nouveaux apparaissent : Simulations³ conditionnelles ou non, Ensembles Aléatoires. Dans ce dernier domaine, il s'agit cette fois d'innovations théoriques. Ce foisonnement méthodologique peut être immédiatement mis en valeur grâce à la remarquable amélioration des moyens de calculs.

Étrangement, une période aussi riche n'aboutit pas à l'apparition d'ouvrages de synthèse, sauf en ce qui concerne les Ensembles Aléatoires. Si les traités de Géostatistique se multiplient, en particulier en langue anglaise, ils restent en retrait des progrès théoriques et même des réalisations informatiques. Et c'est finalement par un ouvrage de nature philosophique et méthodologique que l'on peut clore ce deuxième âge de la Géostatistique : « **Estimer et Choisir** » est publié en 1978 en français — et demandera dix ans pour être traduit et publié en anglais, ce qui en soi est déjà un intéressant sujet de réflexion. Il ne s'agit certes pas là d'un ouvrage facile : c'est bien sûr un tour d'horizon critique des méthodes géostatistiques, mais c'est aussi et surtout un guide pour les recherches à venir. Nous avons essayé de nous en inspirer au cours de l'École d'Été 1989.

Il n'est pas facile de parler de la « *Géostatistique de troisième génération* » (expression due à W.J. KLEINGELD), actuellement en pleine expansion. Dans un contexte informatique de plus en plus confortable, la Géostatistique se développe dans les directions les plus variées. Les champs d'application ne se limitent plus désormais aux ressources naturelles comme les mines ou le pétrole. Plus fondamentalement, les recherches s'orientent vers des domaines théoriques extrêmement divers. Il est aussi intéressant de noter que l'on se remet à prendre en compte les lois de distribution. Cependant, il ne s'agit pas là d'un quelconque retour

Matheron, 1962(a),
1965, 1968.
Voir aussi les cours de
l'École des Mines de
Paris :
Formery, 1964 ;
Matheron, 1969(b),
1971(c).

Matheron, 1970,
1971(b) ;
Matheron, 1973.

Journal, 1974.

Matheron, 1969(a),
1975(a).

David, 1977 ;
Journal, 1978 ;
Rendu, 1979 ;
Clark, 1981.

Matheron, 1978.

Matheron &
Kleingeld, 1987.

3. On préfère maintenant la terminologie : « Modèles Numériques ».

en arrière : ce sont au contraire des outils nouveaux dont le besoin se fait sentir et qui sont élaborés actuellement. On peut donc penser que cette troisième phase de la Géostatistique est une étape de synthèse, dont il est encore trop tôt pour prévoir les aboutissants. Cette étape passionnante échappe malheureusement au cadre qui a été choisi pour le présent document.

3. Un point de vocabulaire

On a vu que le néologisme «Géostatistique», apparu en 1962, s'adapte parfaitement à la première phase évoquée ci-dessus (jusqu'en 1965 environ). De fait, il est significatif que beaucoup d'articles antérieurs à 1960 aient des titres faisant directement mention des méthodes statistiques. Le préfixe «géo» ne fait donc qu'attirer l'attention sur la prise en compte de la répartition spatiale.

De Wijs, 1951 ;
Sichel, 1952 ;
Matheron,
1955, 1956.

À partir des années 1970, alors même que le mot connaît une fortune croissante et a droit à des traductions en des langues toujours plus nombreuses, il nous semble qu'il se révèle moins adéquat. Car les méthodes géostatistiques se développent alors, on l'a vu, dans des directions qui leur sont propres, et qui n'ont plus que de lointains rapports avec la Statistique usuelle. Il naît alors un problème de communication, générateur d'incompréhension. Vouloir approcher la Géostatistique dans une optique exclusivement statisticienne est une erreur de même nature — osons ici une simple analogie — que demander à un critique musical de parler d'un tableau... Malheureusement, il nous semble bien que bon nombre de conflits ou de polémiques apparus dans les années 80 ont leur origine dans ce qui au fond n'aurait dû rester qu'un jeu de mots. En particulier, il est clair que le mot «Geostatistics», bien qu'étant apparemment une traduction évidente de «Géostatistique», n'a pas la même acception qu'en français.

Par exemple,
Sibson, 1981.

Plutôt que s'égarer dans d'interminables arguties philologiques, on pourrait choisir de trancher dans le vif, et proposer une terminologie nouvelle. C'est d'ailleurs ce qui est fait dans « **Estimer et Choisir** », avec l'apparition de l'expression **modèles topo-probabilistes**. Ce nouveau vocabulaire a le double avantage de prendre ses distances avec les Sciences de la Terre — d'où l'abandon du préfixe «géo» — et de mieux affirmer la généalogie théorique de nos méthodes, probabilistes plutôt que statistiques. Mais dans le même temps, il donne — à tort — l'impression que nous rejetons les méthodes déterministes. Et puis, il bouscule un peu les habitudes...

E & C, p5.