

Préface

Dans ce travail que P. GY m'a demandé de présenter à ses lecteurs, on reconnaîtra le caractère d'une œuvre de raison, une synthèse intelligente, essayant de satisfaire à la fois les exigences de la pensée théorique, c'est-à-dire l'unité et la cohérence, et celles de l'efficacité dans les conditions souvent complexes et mal définies de l'utilisation pratique. C'est la première fois, semble-t-il, qu'une telle synthèse est entreprise dans le domaine de l'échantillonnage — domaine où, note P. GY, subsiste encore comme un relent « d'alchimie et de Moyen-Age ». On peut s'en étonner. Et, en effet, si la Ratio Occidentalis, du jour où elle s'est mis en tête de s'appropriier le monde, a pu bouleverser toutes les anciennes manières de vivre et de penser, et transformer radicalement la figure même de la planète que nous habitons, on ne voit vraiment pas pourquoi les techniques particulières de l'échantillonnage échapperaient, seules, à son ordre impérieux. On dira peut-être qu'il s'agit de questions très difficiles, où viennent interférer, inextricablement, des facteurs « pratiques » si nombreux et si complexes qu'il est impossible de les distinguer clairement et de les énoncer — a fortiori de les soumettre à une analyse scientifique, mais que seul le bon sens, guidé par l'expérience et l'intuition, peut espérer trouver son chemin dans un tel labyrinthe. Une objection de ce genre revient, on le voit, à nier a priori la rationalité du réel. En fait des problèmes d'une toute autre ampleur et d'une toute autre complexité que ceux que pose l'échantillonnage, ont pu être débrouillés et sagement ramenés à la raison. Il est bien clair qu'une théorie qui s'appuie sur le vide ne peut produire que des chimères, mais inversement le bon sens ou l'expérience n'ont pas pour autant le droit de donner congé à la raison comme à une servante malhonnête.

A propos de cette prétention excessive du bon sens, on me permettra de citer ici le prince des philosophes. « Le bon sens qui ne s'est pas soucié de se cultiver avec la philosophie ou une autre forme de savoir », dit HEGEL, « se considère immédiatement comme un équivalent parfait, un très bon succédané de ce long chemin de culture, de ce mouvement aussi riche que profond à travers lequel l'esprit parvient au savoir ». C'est, en effet, un spectacle assez comique (assez fréquent aussi) que de voir l'empiriste impénitent essayer d'énoncer ses résultats fragmentaires et ses intuitions vagues sous une forme un peu universelle. Il n'y a pas alors d'inventions arbitraires de sa libre fantaisie personnelle qui ne lui semblent bien assez bonnes pour tenir lieu d'analyse théorique. P. GY en cite quelques exemples étonnants dans son premier chapitre.

Une bonne analyse théorique, remarque GY, est celle qui s'appuie sur la pratique et la devance en même temps. D'un côté elle justifie sa solidité en se soumettant à l'épreuve pour ainsi dire quotidienne de la dure réalité, de l'autre elle s'élève au-dessus du point de vue limité de cette même prati-

que et, sans rien faire d'autre que d'énoncer son contenu sous forme rationnelle, elle lui dévoile de nouveaux aspects de sa propre activité que le bon sens laissé à lui-même n'aurait jamais pu soupçonner.

La première partie de l'ouvrage est une sorte d'introduction générale. Il convient, en particulier, de lire attentivement le chapitre 2, où sont définis et clairement distingués un certain nombre de termes que l'usage courant confond parfois (justesse et précision, erreur systématique et erreur aléatoire, etc...) et où apparaît la notion d'hétérogénéité : notion capitale, remarque GY, puisque toutes les erreurs d'échantillonnage résultent, directement ou indirectement, de l'hétérogénéité de la matière échantillonnée. Il faut distinguer l'hétérogénéité de constitution, imputable au seul fait que les fragments élémentaires ont des compositions différentes, et l'hétérogénéité de distribution, qui se manifeste à l'échelle de volumes plus grands, susceptibles de contenir plusieurs fragments. Un brassage ou un mélange du lot, sans effet sur la première hétérogénéité, peut au contraire atténuer fortement la seconde.

Avec le chapitre 4, nous entrons dans le vif du sujet. Ce premier grand chapitre théorique (l'autre est le chapitre 7) est consacré à la théorie de l'échantillonnage équiprobable. Le problème posé est le suivant : calculer la variance de l'erreur associée au prélèvement d'un échantillon d'effectif donné (contenant un nombre de fragments donné d'avance) lorsque l'on suppose que tous les échantillons possibles de même effectif ont, au départ, la même probabilité d'être tirés. On s'étonnera peut-être de trouver ici une théorie de l'échantillonnage à effectif donné, alors que les procédés réels de prélèvement fonctionnent en général à masse ou à volume foisonné constants. Mais GY indique que ces deux procédés conduisent à la même variance d'échantillonnage, et ce point a pu faire l'objet d'une démonstration rigoureuse que la Revue de l'Industrie Minérale a publiée par ailleurs. L'auteur a donc préféré exposer la théorie de l'échantillon d'effectif constant, qui est franchement plus facile et ne nécessite pas l'introduction d'un appareil mathématique compliqué. La formule fondamentale (4.74) établie par GY montre que cette variance d'échantillonnage est — comme on pouvait s'y attendre — en raison inverse de l'effectif p de l'échantillon prélevé. Le

coefficient de ce terme en $\frac{1}{p}$ se présente sous une forme remarquable :

c'est la variance d'une variable Z_i , prenant pour chaque fragment la valeur

$$Z_i = \frac{m_i}{\bar{m}_i} - \frac{m'_i}{\bar{m}'_i}$$

(m_i et m'_i désignent la masse du fragment et la quantité de substance utile qu'il contient, \bar{m}_i et \bar{m}'_i représentent les valeurs moyennes dans le lot de ces mêmes grandeurs).

GY transforme l'expression obtenue et la met sous une forme (4.98) infiniment plus commode pour les calculs pratiques. Il examine ensuite un certain nombre d'applications et de vérifications expérimentales, et cite notamment des résultats obtenus par BECKER qui confirment fort bien son analyse théorique. Il indique enfin, dans le chapitre 5, comment effectuer pratiquement les calculs : ceux-ci se réduisent, grâce à son calculateur d'échantillonnage, à quelques opérations élémentaires.

Naturellement, cette analyse théorique n'est suffisante que dans la mesure où est vérifiée l'hypothèse fondamentale sur laquelle elle est construite : l'équiprobabilité. Dans le chapitre 6, GY indique dans quels cas on peut s'attendre à ce qu'il en soit effectivement à peu près ainsi. Pratiquement, il faut ou bien que l'échantillon soit constitué de fragments choisis indépendamment les uns des autres, de telle manière que chacun des fragments du lot ait la même probabilité d'être tiré — ou bien que le lot lui-même ait subi, à partir de son état initial, des brassages tels que chacun des fragments puisse, avec une égale probabilité, se retrouver voisin de n'importe quel autre.

Or de telles conditions ne sont qu'exceptionnellement remplies en pratique. La variance de l'échantillonnage équiprobable apparaît ainsi comme un « plancher » en-dessous duquel on ne descendra jamais, mais que viendront, au contraire, le plus souvent majorer des termes complémentaires dus à l'hétérogénéité de distribution. Le chapitre 7 — qui est le deuxième grand chapitre théorique de l'ouvrage — est donc consacré à l'étude de ce phénomène. L'hétérogénéité est définie de manière précise à l'aide de la

même variable $Z_i = \frac{m_i}{\bar{m}_i} - \frac{m'_i}{\bar{m}'_i}$ qui intervenait déjà dans le cas de

l'échantillonnage équiprobable. Telle que GY la définit, l'hétérogénéité possède des propriétés d'additivité analogues à celles de l'entropie ou de la quantité d'information. L'hétérogénéité (de constitution) des fragments dans le lot est en effet la somme de l'hétérogénéité des fragments dans les fractions du lot et de l'hétérogénéité (de distribution) des fractions elles-mêmes dans le lot. GY en déduit l'expression précise du terme de « groupement » qui vient majorer la variance d'échantillonnage du cas équiprobable, et analyse ensuite, d'un point de vue plus concret, les diverses forces de ségrégation susceptibles d'engendrer ce terme supplémentaire, et la manière dont ces forces toujours présentes se manifestent dans différents types d'appareil.

La troisième partie, enfin, est consacrée aux méthodes pratiques d'échantillonnage. Il n'y a presque plus, ici, de mathématique (sauf dans le chapitre 10 où l'examen de l'échantillonnage systématique nécessite quelques emprunts à la théorie des variables régionalisées) mais des analyses très concrètes, où l'expérience personnelle de l'auteur, enrichie par l'analyse théorique des chapitres précédents, s'exprime sous forme de recommandations pratiques que le bon sens le plus exigeant ne manquera pas d'approuver (tout en reconnaissant peut-être qu'il ne serait pas parvenu par lui-même à les énoncer aussi clairement). Comparant les modes d'échantillonnage au hasard, systématique et aléatoire stratifié, GY rejette l'échantillonnage au hasard comme franchement moins bon que les deux autres, et donne finalement la préférence à l'échantillonnage aléatoire stratifié, malgré une légère supériorité théorique de la méthode systématique, à cause des dangers graves que peut présenter cette dernière lorsque se manifestent des phénomènes périodiques.

Cette analyse, trop sommaire, avait seulement pour objet de souligner l'intérêt scientifique du travail de P. GY. Le lecteur, praticien ou théoricien, doit maintenant se plonger dans l'ouvrage lui-même et se former sa propre opinion.

G. MATHERON.