

relevé des conquêtes de Don Juan effectué par Leporello — et cité en exergue — constitue-t-il un échantillon des femmes habitant les cinq pays concernés (Italie, Allemagne, France, Turquie et Espagne) et qui jouisse de cette qualité ?

Comme le lecteur s'en apercevra, nous avons voulu aborder divers aspects des sondages, voulant souligner ainsi l'intérêt de ce domaine. Les sondages occupent cependant une place peu importante dans l'enseignement supérieur. Puissent ces Journées contribuer à améliorer cette situation.

Nous remercions les divers conférenciers qui ont prêté leur concours à ces Journées : Jean-Claude Deville (Institut National de la Statistique et des Études Économiques), Anne-Marie Dus-saix (École Supérieure des Sciences Économiques et Commerciales), Christian Gourieroux (Université de Lille I), et Jean-Marie Grosbras (École Nationale de la Statistique et de l'Administration Économique), sans oublier les animateurs des tables rondes : Mme Aglietta, MM. Riandey et Spriet.

Nous tenons aussi à remercier toutes les personnes qui, à divers titres, nous ont aidés, que ce soit au Centre International de Rencontres Mathématiques de Luminy, au Laboratoire de Biomathématiques de l'Université d'Aix-Marseille II, au Laboratoire de Méthodologie du Traitement des Données et à l'Institut de Statistique de l'Université Libre de Bruxelles.

Jean-Jacques Dreesbeke
Université Libre de Bruxelles

Bernard Fichet
Université d'Aix-Marseille II

Philippe Tassi
*École Nationale de la Statistique
et de l'Administration Économique*

CHAPITRE I

La place des sondages en statistique

Jean-Jacques Dreesbeke, Bernard Fichet, Philippe Tassi

Sondage : mot magique de notre époque ; idole des uns, conspué par les autres, il ne laisse pas indifférent. Quels sont son rôle et son évolution dans la démarche statistique ? C'est à cette question que nous allons tenter de répondre dans ce chapitre. Nous ferons tout d'abord connaissance avec ce vocable en suivant son histoire, qu'on ne peut dissocier de celle des recensements. Nous verrons ensuite quelles sont les diverses étapes de sa mise en œuvre, avant d'en examiner quelques aspects pratiques. Nous terminerons en signalant quelques domaines d'application plus ou moins connus.

1.1. DE L'EXHAUSTIF AU PARTIEL : UN PEU D'HISTOIRE

1.1.1. Les origines

Il est généralement admis que la statistique recouvre un ensemble de méthodes contribuant à la connaissance d'une population, ce dernier vocable étant à prendre au sens large du terme, même si son usage vient de la démographie et du dénombrement d'individus.

L'apparition du mot « statistique » lui-même est relativement récent, surtout en comparaison de l'activité correspondante de recueil des données, qui remonte à la plus haute antiquité. On attribue souvent la création du terme « statistique » à l'école descriptive allemande de Gottingue, et plus particulièrement à Gottfried Achenwall (1746), comme issu du latin *statisticum* : qui a trait à l'État. Il est plus probable cependant que ce dernier a contribué seulement à imposer l'emploi du mot, puisque l'on possède une « *Biblioteca Statistica* » datant de 1701 et un « *Microscopium Statisticum* » de 1672. En remontant plus encore dans le temps, le mot statistique semble appartenir au langage administratif français colbertien. Jean Meyer, dans son livre « Colbert », mentionne l'existence d'une « Déclaration des biens, charges, dettes et statistiques des communautés de la généralité de Bourgogne » établie par Claude Bouchu, intendant de Bourgogne, de 1666 à 1669.

Par contre, l'apparition du besoin « statistique » de posséder des données chiffrées précède sa dénomination de plusieurs millénaires. A son origine, il est le fait de chefs d'états — ou de ce qui en tient lieu à l'époque — désireux de connaître des éléments de leur puissance : population, potentiel militaire, richesses... Quelle meilleure connaissance que celle issue de l'observation systématique, exhaustive, de tous les éléments de la société ? L'idée de recensement, ou de liste d'inventaire, apparaît donc de façon tout à fait naturelle dans l'histoire, impliquant en outre une impression de précision de la plus haute qualité.

Les premiers recensements semblent remonter à la civilisation sumérienne, de 5000 à 2000 ans avant notre ère, pour laquelle on possède des listes d'hommes et de biens inscrits sur des tablettes d'argile. Le relevé des personnes et des biens a lieu régulièrement en Mésopotamie 3000 ans avant Jésus-Christ. L'Égypte paraît avoir été la première nation à organiser des recensements systématiques de population, au moins depuis l'an 2900 avant J.-C, mais aussi à institutionnaliser des recensements à finalité fiscale (2700 à 2500 ans avant J.-C). Elle semble même avoir la primeur du principe de la déclaration obligatoire et du contentieux : en effet, sous le pharaon Amasis II, au sixième siècle avant notre ère, tout individu était tenu de déclarer ses sources de revenu et son activité. Tout manquement à cette règle était puni de mort, ce qui est une forme extrême du règlement contentieux si répandu actuellement pour les enquêtes obligatoires des services officiels de statistique.

La Chine joue également un grand rôle dans l'histoire des recensements. Par exemple, l'empereur Yao édite le relevé total de ses sujets et des productions agricoles dès l'an 2238 avant Jésus-Christ.

Il serait vain et fort long de dresser la liste des premières tentatives de dénombrement exhaustif. L'enseignement essentiel est que les civilisations qui les engendrèrent — Japon, Rome, Inca, Inde — possédaient un système administratif fort, auto-entretenu par l'amélioration de la connaissance quantitative de l'État.

1.1.2. Les premières tentatives d'extrapolation

A partir du XIII^e siècle, les données deviennent plus nombreuses grâce à la prolifération des rôles fiscaux. Le plus célèbre est, en France, « l'état des paroisses et des feux des baillages et sénéchaussées de France » dressé en 1328. Le « feu », référence à un foyer, une famille ou une habitation, sera un élément essentiel pour estimer une population bien que devenant vite une donnée sociale plutôt que démographique.

Le XIV^e siècle voit le début des enregistrements des actes d'état civil (Commune de Givry, 1334). En août 1539, François I^{er}

rend obligatoire la tenue de registres de naissances, par l'article 51 de l'édit de Villers-Cotterets ; sous Henri III, l'édit de Blois (mai 1579) étend cette obligation aux mariages et aux décès.

Cependant, durant toute cette période où s'affirme la statistique administrative, les recensements sont très rares (recensement de Paris en 1590 — 200 000 habitants —, du Berry en 1565, du Bourbonnais en 1569).

Les progrès fondamentaux de la statistique vont reprendre lors de la seconde moitié du XVII^e siècle, avec le besoin que ressentent les monarques et leurs conseillers de connaître et expliquer les phénomènes économiques et sociaux. Cette époque coïncide également avec le développement de l'école d'arithmétique politique anglaise, précurseur de la statistique inférentielle. Cette école, dont les fondateurs sont John Graunt (1620-1674) et William Petty (1623-1687), est guidée par le souci de la quantification et la recherche de constantes de comportement permettant des estimations et des prévisions : nombre d'enfants par femme, temps entre deux naissances pour une même mère, nombre d'habitants par maison, nombre d'individus par feu, proportion de décès, etc. Les techniques de « multiplicateur » de l'arithmétique politique vont être utilisées au détriment des recensements, et favoriser l'apparition d'enquêtes partielles. Parallèlement, le remplacement d'une connaissance exhaustive par une extrapolation fondée sur l'examen d'une partie de la population est une attitude qui commence à trouver des éléments de justification par l'apparition des premiers résultats de probabilités, (Pascal, Fermat, puis Bernoulli).

En France, deux noms dominent cette époque : Colbert et Vauban. En 1664, Jean-Baptiste Colbert ordonne aux intendants de procéder à une vaste enquête sur l'état des provinces ; celle-ci est précédée d'une enquête-pilote commandée à son frère dans les provinces de l'Est. Le marquis de Vauban s'intéresse encore de plus près à la connaissance du chiffre, que ce soit par des recensements ou des enquêtes. Auteur de « Méthode générale et facile pour faire le dénombrement des peuples », publiée en 1686, il préconise l'utilisation d'échantillons de terres arables dans chaque province pour estimer au mieux les capacités agricoles ; ces procédures sont reprises dans les célèbres « mémoires dressées par les Intendants du Royaume ». Certains esprits commencent même à demander un organisme centralisateur de la collecte chiffrée. L'un des premiers, sinon le premier, est Charles Castel, dit l'Abbé de Saint-Pierre (1658-1743) ; loin d'être l'utopiste trop souvent dépeint, il a au contraire une vision pertinente de l'administration future. Dès le début du XVIII^e siècle, il réclame la création d'un « Bureau pour recueillir les divers dénombrements ».

En Angleterre, les méthodes de l'« arithmétique politique » poursuivent leurs progrès. A titre d'exemple, détaillons l'estimation de population de W. Petty, extrait de l'article de Jacqueline Hecht dans [21]¹ :

« Il évalue tout d'abord le nombre des maisons à Londres : après plusieurs calculs, il parvient au chiffre de 88 000 pour 1686. Établissant une moyenne entre la proportion des feux par maison à Dublin et à Bristol, il évalue le nombre de feux londoniens à 105 000, à peu près équivalent au chiffre officiel du Bureau des Feux (105 315). En supposant que chaque famille compte en moyenne six membres, et que 10 % des maisons abritent deux familles chacune, les autres n'en ayant qu'une, il conclut que les 105 000 maisons londoniennes abritent 695 000 habitants. Avec d'autres procédés (par la proportion des décès qu'il estime à 1 sur 30, et la moyenne des décès de deux années), il parvient à peu près au même chiffre (696 360)... »

Ces techniques d'extrapolation ou du « multiplicateur » connaissent vite un énorme succès, contribuant à mettre un frein aux recensements jugés par certains onéreux, peu précis et « monstrueux » (Saint-Simon). Elles servent de base aux calculs faits par d'Expilly, Messance (« Recherches sur la population des généralités d'Auvergne, de Lyon et de Rouen », publié en 1766) et le Baron Moheau (« Recherches et considérations sur la population de la France », 1778). L'abbé Jean-Joseph d'Expilly (1719-1793) utilise une extrapolation fondée sur les feux. Possédant leur nombre total, il le multiplie par une estimation du nombre d'habitants par feu. Il introduit en outre une « stratification campagnes-villes », et adopte un multiplicateur 4,5 pour les premières et 5 pour les secondes. Messance et Moheau préconisent des enquêtes partielles pour évaluer la population : sélectionnant un grand nombre de paroisses ou de petites villes, ils dénombrent les habitants, établissent sur la base des cinq ou dix dernières années de l'État Civil une année moyenne des naissances, et calculent le nombre de naissances par habitant, taux qui sera appelé multiplicateur des naissances. Sous l'hypothèse que celui-ci est proche de celui qui serait observé sur la France entière, il suffit de le multiplier par le total des naissances d'une année pour avoir une idée de l'ensemble de la population.

Un débat, dans lequel intervient Jacques Necker, naît alors sur la valeur de ce multiplicateur : 23, 25, 25.5, 25.75, 26, 28, 30. Il vient de ce que l'on appellerait maintenant les aléas d'échantillonnage, les valeurs dépendant des lieux utilisés pour faire le calcul.

1. Étant donné le caractère spécifique de la bibliographie utilisée dans cette partie, nous avons indiqué en fin de ce chapitre les ouvrages qui y sont référencés.

Prenons quatre exemples de ces techniques d'extrapolation. En 1783, Pierre-Simon Laplace expose à l'Académie des Sciences une procédure de détermination du multiplicateur consistant à réaliser une enquête portant sur un million d'habitants répartis sur plusieurs régions. Il propose de calculer l'incertitude de l'estimateur — « l'erreur à craindre » — en supposant que les régions sont tirées au hasard, comme suit (Théorie analytique des Probabilités, 1812) : faisant l'hypothèse d'une loi a priori uniforme, il détermine la loi a posteriori de la différence entre population « vraie » et population estimée. Il fait enfin référence à son mémoire de 1783 sur le théorème central limite pour approximer cette loi a posteriori par une distribution normale. Par ailleurs, en l'an XI (1802), Jean-Antoine Chaptal, alors ministre de l'Intérieur, fit « sonder » 50 000 habitants dans 30 départements et obtient une valeur de 28.35. Antoine Lavoisier estime par une méthode d'échantillonnage la superficie cultivée et le cheptel en chevaux, bœufs, moutons et porcs, en valeur moyenne de 1784 à 1791. Enfin, en Angleterre, Sir Frederick Morton Eden estime, en 1800, la population sur la base du nombre de naissances et de celui des habitants par maison. Ses résultats (9 millions) seront confirmés en tous points par le recensement de 1801.

Au début du XIX^e siècle, tout semble bien en place pour permettre un développement de la méthodologie des relevés partiels : la pratique, essentiellement démographique, apparaît ; le calcul des probabilités poursuit sa progression ; la volonté des états de posséder des éléments chiffrés se confirme (en mars 1800, sous le Directoire, le ministre de l'Intérieur Lucien Bonaparte crée un bureau de Statistique, dont le premier directeur fut Adrien-Cyprien Duquesnoy, 1759-1808). Cependant, il faudra plus de 100 ans pour que l'intérêt des sondages soit reconnu, et bien plus encore pour en établir une théorie mathématique fondée sur l'aléatoire.

1.1.3. Un temps d'arrêt : le XIX^e siècle

Contrairement à toute attente, le XIX^e siècle est marqué par le retour en force des recensements, peu nombreux au XVIII^e siècle — sauf en Suède, très en avance pour l'époque —. L'année 1801, voit la réalisation simultanée de recensements de la population en Angleterre, au Danemark, en France et en Norvège. Dans beaucoup de pays, ils deviennent réguliers et périodiques.

Alors que la théorie statistique connaît un développement sans précédent, l'échantillonnage recule au profit de l'exhaustivité. L'un des fondateurs de la science statistique telle que nous la connaissons maintenant est le belge Adolphe Quetelet (1796-1874). Il est certainement le premier à concevoir que la statistique peut être fondée sur le calcul des Probabilités ; au début

du XX^e siècle, Lucien March, directeur de la Statistique Générale de la France, professeur à l'Institut de Statistique de l'Université de Paris, sera cependant encore d'une extrême réserve quant à l'efficacité du rôle des probabilités en Statistique. Mais Quetelet élargit le champ des domaines d'application de cette dernière, passant de l'économie et des sciences sociales à l'anthropométrie ; il organise à Bruxelles, en 1853, le premier congrès international de statistique.

Et pourtant, Quetelet, loin de préconiser les sondages, est mû par l'obsession du relevé total : son souci constant est d'assurer l'exhaustivité des données recueillies.

Fanatique de la rigueur, il arrive cependant à Quetelet d'accepter la généralisation de résultats partiels sans que l'on en sache trop les raisons : il accepte d'étendre à l'ensemble de la population le taux d'analphabètes calculé chez les délinquants, ou le taux de mortalité observé chez les personnes de haut revenu assurées sur la vie, mais refuse la généralisation du taux de garçons dans les naissances déclarées par les sage-femmes.

Malgré la prépondérance de l'énumération totale, les sondages ne disparaissent pas complètement du bagage du statisticien. Ainsi, Jean-Baptiste Fourier prend une part active au développement de la statistique. Il effectue de nombreux travaux de recherches statistiques sur la ville de Paris ; en 1817, il fait exécuter un contrôle par sondage dans la tentative de dénombrement individuel à Paris par liste nominative. En fin de siècle, on peut citer l'étude sur les salaires des travailleurs français de 1891-1893 réalisée sur la base d'un échantillon au 1/5^e.

Cependant, le pôle principal des utilisations du sondage se situe aux États-Unis, par l'émergence des enquêtes d'opinion publique, dont nous parlerons plus loin.

1.1.4. 1895-1925 : le débat sur la représentativité

Le concept de représentativité d'un résultat, ou d'un échantillon, est très récent. Il semble avoir été utilisé pour la première fois par Jean-Baptiste Say qui affirme la non-représentativité pour l'ensemble d'une population du taux de mortalité observé chez les riches assurés, extrapolation que Quetelet défend, nous l'avons vu.

Le débat sur la représentativité va avoir pour cadre l'Institut International de Statistique (IIS), qui a été créé à Londres le 24 juin 1885.

Son point de départ est la communication historique de Anders Nicolai Kiaer, Directeur du Bureau Central de Statistiques du Royaume de Norvège, au cours du Congrès de l'IIS de 1895, tenu à Berne. Il présente un mémoire écrit intitulé

« Observations et expériences concernant des dénombrements représentatifs » dans lequel il dresse un bilan satisfaisant de deux expériences norvégiennes d'enquêtes partielles, dont l'une sur la distribution des revenus [27] :

« ... Après avoir fait un choix de 127 communes rurales et de 23 villes représentatives, nous avons d'abord pris les bulletins individuels recueillis par le recensement général des hommes âgés de 17, 22, 27, 32, 37, etc., jusqu'à 97 ans, et demeurant dans les communes en question. De cette façon, nous aurions eu 1/5 de la population mâle adulte des communes représentatives ; mais comme nous désirions réduire encore davantage les chiffres, nous avons employé seulement les bulletins des individus commençant par les lettres A, B, C, L, M, ou N. Aux principaux renseignements donnés par le recensement (âge, état civil, profession, etc.) nous avons ajouté à l'aide d'une investigation particulière l'indication des fortunes et des revenus des individus respectifs. De cette manière nous avons obtenu un dénombrement représentatif spécial comprenant en moyenne 3,3 pour cent de la population mâle des villes et 1,6 pour cent de celle des campagnes... »

A. Kiaer ne définit pas a priori la notion de représentativité, mais la contrôle a posteriori, par comparaison de la structure par activité de l'échantillon obtenu avec celle issue du recensement. Il pose la question :

« ... De quelle manière un dénombrement représentatif doit-il être exécuté pour qu'il puisse présenter une miniature aussi correcte que possible de la société entière ?... ».

Bien que Kiaer ait pris toutes les précautions oratoires nécessaires (« ... il va sans dire que les dénombrements partiels représentatifs n'ont pas pour but de remplacer les recensements généraux... »), les réactions en Assemblée Générale de l'IIS du 30 août sont extrêmement violentes. En voici quelques extraits :

Georg von Mayr (Prusse) : « ... je regarde très dangereux le point de vue [exposé]... On ne peut pas remplacer par le calcul l'observation réelle des faits... On n'a pas de vraie statistique... Pas de calcul là où l'observation peut être faite... ».

Luigi Bodio (Italie) : « ... il serait dangereux de recommander une méthode indirecte... On doit procéder par sondages [...] pour mesurer le fond de la mer... Cette évaluation [n'est pas] une véritable statistique... ».

Heinrich Rauchberg (Autriche) : « ... je ne crois pas que cette question ait besoin d'un examen ultérieur... Une discussion [...] est superflue... ».

Guillaume Milliet (Suisse): « ... il n'est pas juste de donner à la méthode représentative une importance que la statistique sérieuse ne lui reconnaîtra jamais... ».

Émile Cheysson (Franc): « ... il ne faut pas que [la monographie] puisse recevoir quelque atteinte du présent débat... ».

L'un des rares (ils seront deux !) à ne pas désavouer A. Kiaer est le français Émile Levasseur: « entre les statistiques générales [...] et les monographies [...], n'y a-t-il pas la place pour un troisième procédé, l'exploration statistique, [...] à l'aide des moyens de la statistique appliqués non à la totalité [...] mais à un nombre déterminé et restreint... ? ».

Malgré toutes ces critiques, l'idée de « une partie pour le tout » est lancée à un public de statisticiens. Il faut remarquer qu'a priori, aucun pont n'est jeté entre les probabilités et le dénombrement représentatif.

Après Berne, Kiaer va intervenir dans les congrès de l'IIS jusqu'en 1903, nourrissant régulièrement sa réflexion d'éléments nouveaux.

En 1897, à Saint-Petersbourg, il confirme que la représentativité est décidée après contrôle avec les résultats d'un recensement, et conteste les monographies « qui ne donnent pas une vraie miniature de la totalité ». Il reçoit, cette même année, l'appui de la Conférence des Statisticiens Scandinaves, qui adopte une motion proclamant l'intérêt des méthodes de sondages représentatifs.

Lors du congrès de Budapest (1901), Kiaer précise:

« ... la méthode représentative demande un grand nombre d'unités d'observation réparties de telle manière que [celles] de différents caractères soient représentées autant que possible dans les mêmes rapports qu'elles existent dans l'ensemble... ».

Outre cette anticipation de la méthode des quotas, Kiaer entrevoit les procédures de rééchantillonnage:

« ... On a demandé par quel moyen on pourra contrôler que les résultats des investigations représentatives correspondent véritablement aux rapports réels de l'ensemble quand il s'agit d'une investigation absolument nouvelle ? [...]. On pourra diviser l'investigation en deux ou trois parties distinctes... Si ces deux ou trois méthodes donnent des résultats conformes, on ne peut pas nier qu'il y ait là une garantie... ».

Dans la discussion qui suit, beaucoup moins négative qu'à Berne, L. von Bortkiewicz, professeur à l'Université de Berlin, suggère pour la première fois de recourir au calcul des probabilités

pour tester l'écart existant entre les répartitions de l'échantillon et de la population totale sur les variables-clés:

« il s'agit de déterminer si la différence observée peut ou ne peut pas être considérée comme étant due au jeu de hasard, aux causes fortuites ou accidentelles... »

L'intervention de Von Bortkiewicz marque la première introduction sérieuse des probabilités dans les études de l'IIS consacrées à l'échantillonnage représentatif, et la première recommandation de l'utilisation d'un test de significativité.

Kiaer reçoit en outre l'appui de Carroll Wright, du Ministère du Travail des États-Unis, qui, dans une lettre adressée au rapporteur du Comité de l'IIS chargé d'étudier la méthode représentative, confirme la bonne opinion de cette technique, fréquemment utilisée avec succès.

En septembre 1903, à Berlin, Kiaer intervient de nouveau, et est appuyé par Karl Mayet (Allemagne):

« ... la connaissance approximativement juste obtenue par une estimation systématique vaut mieux que le manque complet de connaissances... »

Le français Lucien March appuie la méthode de Kiaer, qu'il juge proche dans son esprit des techniques de Moheau et Laplace, et insiste pour que:

« ... Quand on présente les résultats d'une enquête semblable, [on explique bien] en détail comment a été fait le choix des unités observées afin que le lecteur puisse faire la critique de ce choix... ».

La section de l'IIS clôt ses travaux « ... en recommandant [l'application correcte de la méthode représentative] pourvu que dans le compte rendu on spécifie nettement dans quelles conditions s'est fait le choix des unités observées. »

Après 1903, l'ordre du jour de l'IIS ne mentionne plus la question du sondage représentatif jusqu'en 1925, principalement en raison de l'absence de la personnalité de A. Kiaer, qui décèdera dans l'intervalle.

Interrogé en 1979 par W. Kruskal et F. Mosteller, P. Bjerve, Directeur du Bureau central de Statistique de Norvège, répond que le recul de Kiaer par rapport à l'IIS fut causé par ses responsabilités croissantes, et que « Kiaer's work in sampling was a "one-man show" ».

Durant ces 22 ans, l'utilisation du raisonnement probabiliste dans les méthodes partielles se poursuit.

Trois noms sont à mentionner. En 1911, Von Bortkiewicz prévoyait la césure entre statistique privée et statistique officielle, la première tendant à être partielle et sélective, la seconde étant générale (au sens du recensement) et complète; la statistique privée courra alors le risque d'être non représentative. Il étend également la notion de représentativité aux tests sur les lois jointes et non seulement sur les marges.

Durant la même période, des contributions essentielles sont apportées par l'anglais Arthur Bowley (1869-1957), tout d'abord par sa communication de 1906 à la Royal Statistical Society, puis par un livre publié en 1920, et par sa participation à la commission chargée par l'IIS, en mai 1924, d'étudier l'applicabilité de la méthode représentative. Bowley développe l'échantillonnage aléatoire, la stratification, établit l'équation d'analyse de la variance en univers stratifié, les formules de la variance d'un total, dans les cas simple et stratifié. Ses travaux sont d'autant plus innovateurs que les tenants de la méthode représentative utilisent plutôt, pour sélectionner les unités observées, un « choix judicieux » — le « purposive selection » —. Bowley a une claire vision des défauts de cette méthode, tout simplement parce que dans le sondage par choix judicieux, l'origine de l'aléatoire nécessaire pour appliquer la théorie des probabilités n'est pas spécifiée.

Troisième grand nom de la période inter-congrès, A. Tschuprow qui définit l'allocation optimale dans un échantillonnage stratifié.

Le point final (?) de la polémique sur la méthode représentative peut être situé lors du congrès de l'IIS de Rome en 1925, lors de la présentation faite par le rapporteur Adolphe Jensen, Chef du Département de la Statistique du Danemark, des conclusions de la Commission ad hoc nommée en 1924 et déjà mentionnée. (Outre A. Jensen, cette commission est composée de Arthur Bowley, Corrado Gini, Lucien March, Verrijn Stuart et Frantz Zizek). Jensen développe deux communications intitulées « Rapport sur la méthode représentative en statistique » et « La méthode représentative en pratique » et Bowley y expose « Measurement of the precision attained in sampling ». La polémique initiale ayant disparu, la résolution adoptée par l'IIS distingue l'échantillonnage aléatoire (choix au hasard, random sampling) et l'échantillonnage raisonné (choix judicieux, purposive selection).

Extrait du Compte-rendu du Congrès de Rome :

« ... L'I.I.S. ... »

I. ... [...] appelle de nouveau l'attention sur l'avantage considérable que l'on peut obtenir par l'application de la méthode représentative [...]. Pour que les résultats d'une enquête partielle

puissent être légitimement généralisés, la fraction retenue comme un spécimen de l'ensemble [...] doit être suffisamment représentative de cet ensemble. A cet effet, le spécimen peut être pris dans la masse de différentes manières; cependant il convient de distinguer deux cas principaux :

A) *Prise au hasard.* On prend un certain nombre d'unités dans des conditions telles que les unités de l'ensemble soient également susceptibles d'être comprises dans ce nombre. Dans ce cas le degré de précision dépend en grande partie du nombre adopté, celui-ci devant être suffisant pour que les déviations accidentelles puissent être insignifiantes.

B) *Choix judicieux.* Les unités de l'ensemble étant réparties par groupes, le choix porte sur des groupes tels qu'ils présentent, au total, à peu près les mêmes caractéristiques que l'ensemble. Afin d'obtenir quelque idée de la précision des estimations qui résultent de ce choix, le nombre des groupes doit être suffisant pour que l'on puisse mesurer la variation des éléments caractéristiques d'un groupe à l'autre. Comme la précision des estimations dépend beaucoup de la prudence appliquée au choix du spécimen, les précautions suivantes sont recommandées :

1. Comparer deux ou plusieurs spécimens obtenus par l'application des mêmes procédés, et, le cas échéant, joindre les spécimens choisis. (Cette manière de procéder peut être également recommandable en cas de prise au hasard).

2. Réexaminer minutieusement, en faisant des enquêtes répétées de temps à autre, la relation du spécimen retenu avec l'ensemble;

II. Recommande de diriger l'étude de façon à permettre autant que possible le calcul de la précision des résultats. Ces résultats devraient être fournis avec l'indication des limites de l'erreur dont ils sont susceptibles;

III. Rappelle, en insistant sur son importance, le vœu formulé dans la résolution de 1903 tendant à ce que la publication des résultats d'une enquête représentative comporte obligatoirement dans tous les cas un compte-rendu détaillé des procédés employés pour le choix du spécimen. »

Après 1925, le point de discussion n'est plus sur « faut-il échantillonner ou non » mais sur « comment tirer l'échantillon ? ». Le débat va vite concerner les tenants du « random sampling » (la « prise au hasard » de l'I.I.S.) et ceux de la « purposive selection » (le choix judicieux). A. Jensen en est d'ailleurs conscient :

« ... When the I.I.S. discussed the matter twenty-years ago, it was the question of the recognition of the method in principle that claimed most interest. Now it is otherwise. I think I may venture to say that nowadays there is hardly one statistician who in principle will contest the legitimacy of the representative method... »

L'introduction du modèle probabiliste est en cours. L'étape ultérieure débutera en 1934. Cependant, depuis de nombreux lustres, aux États-Unis, un domaine d'utilisation du sondage se développe : la connaissance de l'opinion publique.

1.1.5. Le début des sondages d'opinion

Les sondages d'opinion sont nés du désir d'obtenir des informations, si possible quantitatives, sur l'état d'esprit de la population. A cet effet, Daniel Defoe en Angleterre et le comte de Lafayette en France mettent en place, dès le début du XIX^e siècle, des réseaux de correspondants répartis géographiquement.

Le vrai berceau des sondages d'opinion se trouve cependant aux États-Unis, à l'occasion des couvertures de presse des élections présidentielles. Dès 1824, le *Harrisbourg Pennsylvanian* et le *Raleigh Star* font des enquêtes préélectorales par consultation individuelle d'électeurs (les « votes de paille »). Par la suite, d'autres journaux vont reprendre cette habitude très appréciée du public : *New York Herald*, *Chicago American*, *Chicago Journal*, *Columbus Dispatch*, et, en particulier, à partir de 1916, *The Literary Digest* qui va, contre son gré, jouer un rôle important.

Ces échantillons ne reposent sur aucun critère de représentativité (le mot n'apparaîtra d'ailleurs que 70 ans plus tard). Leurs propriétés sont dues essentiellement à des tailles fort élevées : 30 000 pour le *New York Herald*, en 1905, plus de 2 000 000 pour le *Literary Digest* en 1936.

Une date cruciale pour l'histoire de l'échantillonnage est le mardi 3 novembre 1936, jour de la publication des résultats de l'élection présidentielle aux États-Unis. Alors que le *Literary Digest* a prédit la victoire de Landon, en utilisant la technique des votes de paille qui lui a fort bien réussi depuis 1916, c'est F.D. Roosevelt qui est élu. Celui-ci avait été donné favori par trois « sondages » réalisés indépendamment par Archibald Crossley, Elmo Roper et George Gallup (ce dernier a créé son propre institut en 1935). Ces trois études ont été réalisées selon la méthode représentative par choix judicieux : tirage des personnes interrogées avec contrôles par quotas, une « Amérique en microcosme » d'après le mot de E. Roper, paraphrasant Kiaer.

En dépit de sa grande taille, l'échantillon du *Literary Digest* s'était révélé biaisé ; la technique des votes de paille disparaît alors. Dès 1937, de nombreuses revues américaines créent une rubrique d'opinion, nourrie par des consultations réalisées par des organismes privés utilisant les sondages représentatifs.

L'année 1938 voit l'apparition des premiers instituts d'études de l'opinion en Grande-Bretagne et en France ; Jean Stoetzel, professeur de sociologie à la Sorbonne, fonde l'I.F.O.P. (Institut

Français d'Opinion Publique). De nombreux autres pays vont suivre ce mouvement et en 1947 se tient, à Paris, le premier congrès international en ce domaine.

Parallèlement, comment évolue la réflexion théorique, probabiliste et statistique ?

1.1.6. Les grandes étapes du développement contemporain

Depuis 1925, la discussion sur la méthode représentative ne porte plus sur son principe, mais sur ses modalités d'application. Le Congrès de l'IIS ayant distingué méthode aléatoire et méthode raisonnée, les travaux approfondissent cette double approche. Dans la lignée des résultats de Bowley et Tschuprow, Jerzy Neyman (1894-1981) peut être considéré comme l'un des fondateurs de la théorie statistique des sondages, de par son exposé du 19 juin 1934 devant le Royal Statistical Society (publié dans le *Journal of Royal Statistical Society* de la même année). L'intérêt de cette conférence déborde très largement du domaine des sondages, Neyman y détaillant en annexe le principe des intervalles de confiance, et vulgarisant le théorème de Markov sur les moindres carrés.

La contribution de Neyman va jouer sur de nombreux points, qui seront repris et développés, pour la plupart, dans les chapitres suivants :

- l'échantillonnage aléatoire simple, avec ou sans remise, l'échantillonnage stratifié, l'échantillon par grappes ;
- l'allocation optimale d'un échantillon par strates ;
- le choix de l'allocation minimisant la variance de l'estimateur, à plan d'échantillonnage fixé ;
- la définition d'un modèle statistique pour l'échantillonnage par choix judicieux, et des hypothèses sous lesquelles cette méthode est comparable à celle du tirage aléatoire (avant Neyman, en effet, les deux méthodes sont traitées de façon similaire et également recommandées, comme le montre la résolution adoptée en 1925 par l'IIS et reproduite précédemment) ;
- la critique de la méthode à choix judicieux, de par l'irréalisme des hypothèses sous lesquelles les estimateurs qui en sont issus ont de bonnes propriétés (convergence).

Établissant la supériorité des techniques de sondage aléatoire en univers stratifié, Neyman oriente une grande partie de la recherche dans cette voie. Ironie des temps, les critiques — justifiées — que Neyman adresse à la méthode représentative à choix judicieux coïncident avec l'émergence de la vogue des sondages d'opinion effectués selon cette même technique, ou plutôt l'une de ses diverses variantes, la méthode des quotas.

En 1938, Neyman introduit l'échantillon à deux degrés, et l'utilisation conjointe des fonctions de coût et de la variance pour définir les allocations optimales.

Toutes les bases de la statistique des sondages sont alors posées. Deux grandes voies de développement apparaissent : l'une est liée aux problèmes de la pratique (modes de tirage, estimation, variabilité, non réponses, etc.); l'autre fait référence au modèle probabiliste sous-jacent à la théorie des sondages. Elles recouvrent le thème de cet ouvrage.

Il semblerait insuffisant d'aborder l'aspect technique sans citer quelques grandes étapes dans la première catégorie, sans aucune prétention d'exhaustivité :

Kiaer (1897), Tschuprow (1923) et Neyman (1934) ont évoqué à des titres divers les tirages à probabilités inégales. Morris Hansen et William Hurwitz, en 1943, établissent les résultats d'estimation et de précision des estimateurs lorsque les unités élémentaires sont tirées avec des probabilités inégales, pour des plans de sondage avec remise. La détermination des probabilités d'inclusion optimales est due aux mêmes auteurs, en 1949. D. Horvitz et D. Thompson généraliseront, en 1952, les résultats précédents aux tirages sans remise, avec probabilités inégales. Les conditions de positivité dues à F. Yates et P. Grundy sont publiées en 1953.

Parallèlement, se développent les procédures d'estimation des paramètres d'intérêt lorsqu'une information supplémentaire existe. Les estimateurs par le quotient, par la différence et par la régression apparaissent en filigrane chez Neyman (1934), mais sont approfondis par W. Cochran (1972), M. Hansen, W. Hurwitz et W. Madow (1953).

La pratique laisse une place importante aux problèmes de non-réponses, totales ou partielles, auxquels des éléments de solutions commencent à être apportés par Hansen et Hurwitz (1946) et Tore Dalenius (1957).

L'étude de la variabilité des estimateurs est également un vaste champ d'investigation, essentiellement pour des statistiques non linéaires. Aux méthodes de linéarisation usuelles en statistique classique vont se superposer les procédures de réplication d'échantillons : P. Malhalanobis (1946), W. Deming (1960), les techniques de demi-échantillons équilibrés (P. Mac Carthy, 1966), les applications du jackknife et du bootstrap (en pleine actualité).

Un dernier point technique concerne les enquêtes à passages répétés. On peut considérer que Raymond Jessen (1942) apporte le premier une solution à ces questions spécifiques.

Le deuxième axe d'investigations, plus théorique, est fondé sur les relations existant entre les sondages et le modèle de la

statistique inférentielle, les « foundations » ainsi qu'aiment à les appeler les anglo-saxons. Le premier résultat est dû à V. Godambe (1955), qui monte la non-existence d'un estimateur linéaire sans biais uniformément optimal dans le contexte d'une population de taille finie. De nombreux auteurs (D. Basu, 1958, 1969; V. Godambe, 1969; H. Hartley et J.N.K. Rao, 1962; R. Royall, 1968) étudient l'application des critères dus à Ronald Fisher (vraisemblance, exhaustivité). Le besoin de lier, si possible, sondage et statistique apparaît clairement lors du symposium organisé à Chapel Hill en 1968 (N. Johnson, H. Smith, 1969).

Plus généralement, considérant que la population finie étudiée est un échantillon extrait d'une surpopulation de taille infinie (modèle de surpopulation), de nombreux auteurs étudieront les procédures de choix des estimateurs et du plan de sondage. Actuellement en pleine expansion, la recherche en ce domaine peut être marquée de quelques dates : R. Royall (1970), V. Godambe et D. Sprott (1971), C. Cassel, C. Särndal, J. Wretman (1977), C. Särndal (1984).

1.2. MISE EN PLACE DES SONDAGES

Nous avons vu dans le premier paragraphe comment les recensements, dont l'utilité n'est bien sûr pas contestable dans certains cas, ont progressivement été accompagnés, sinon remplacés, par des sondages qui permettent de tenir compte des réalités devant lesquelles se trouve généralement le statisticien : les contraintes de coût, de temps, et bien d'autres encore, l'empêchent de recourir à un recensement. Ainsi existent des situations où cette dernière opération est impensable : un contrôle de qualité sur la durée de vie de lampes ne peut s'effectuer que par l'intermédiaire d'un sondage.

Plaçons-nous dans le cas où les deux procédures sont envisageables. Leurs qualités respectives sont-elles si nettement définies ? Prenons tout d'abord un recensement. Par définition, il donne lieu à un relevé exhaustif donc « parfait ». C'est compter sans la réalité des faits. Tout le monde sait que, à chaque recensement de la population, un nombre important de relevés ne sont pas effectués pour de multiples raisons (oubli, refus obstiné de répondre, voyage prolongé...). Par ailleurs, le nombre d'enquêteurs nécessaire pour réaliser un recensement est tel qu'il est impossible de ne rassembler que des spécialistes en la matière. Cette difficulté peut être plus facilement diminuée si on se restreint à un sondage qui nécessite un encadrement plus réduit.

Réciproquement, un sondage est a priori meilleur marché qu'un recensement. Il peut cependant être très coûteux par rapport au budget dont on dispose, compte tenu de la nécessité de fournir une formation poussée aux enquêteurs, de soigner tout