

#### 4] Conclusion

Il apparaît donc que les justifications théoriques du bayésianisme se sont à la fois étoffées et considérablement diversifiées dans les années récentes. Les pratiques aussi ont connu une évolution sensible, sous deux aspects principalement. En premier lieu, comme nous l'avons déjà indiqué, l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs a modifié les pratiques bayésiennes en même temps qu'elle a permis leur diffusion, et plus simplement a fait du bayésianisme une option effectivement disponible pour le traitement des données statistiques. En second lieu, une forme d'éclectisme, qui autorise en statistiques la cohabitation de méthodes bayésiennes et de méthodes classiques, a succédé à la rigueur confinant à l'austérité des pratiques bayésiennes historiques. En dépit des problèmes de justification que cet éclectisme soulève, certains le revendiquent au niveau fondationnel, constituant ce que nous pourrions appeler un bayésianisme éclectique ou, avec d'autres, un bayésianisme pragmatique<sup>27</sup>. Le bayésianisme contemporain se divise donc en plusieurs courants, dont les deux sources principales, classique et opérationnelle, communiquent mal. Cette situation soulève des questions philosophiques inédites et importantes : jusqu'où les différents bayésianismes sont-ils compatibles ? quels rapports entretiennent-ils exactement ? un bayésianisme éclectique est-il philosophiquement tenable ?, etc., que malheureusement nous ne pourrons pas traiter ici.



La première des quatre parties de l'ouvrage porte sur « le bayésianisme comme interprétation des probabilités et comme théorie normative du raisonnement ». Dans le premier chapitre, Federica Russo & Barbara Osimani (« Bayésianisme objectif et principe de précaution ») adoptent sur le bayésianisme objectif tel

---

[27] Voir par exemple Robert E. Kass, « Statistical Inference: The Big Picture », *Statistical Science*, 26(1), p. 1-9. Dans ce contexte, l'adjectif « pragmatique » ne fait pas référence à la tradition pragmatiste. On notera par ailleurs qu'il n'a pas le même sens que dans le chapitre d'Anouk Barberousse.

qu'il a été récemment défendu par Jon Williamson<sup>28</sup> une perspective applicative et pratique. Elles explorent la relation qui existe entre cette interprétation des probabilités et le principe de précaution, et établissent une forme d'équivalence entre les deux. Ce faisant, elles montrent comment un sens précis peut être donné à l'affirmation, relativement fréquente chez les partisans du bayésianisme objectif, mais insuffisamment justifiée, selon laquelle la maximisation de l'entropie des distributions de degrés de croyance reviendrait à une forme de prudence.

Le chapitre d'Adrien Barton (« **La nature des probabilités dans les systèmes de raisonnement médical bayésiens** ») relève également de la philosophie des probabilités en pratique. L'auteur considère les systèmes de raisonnement automatique qui se sont succédé en médecine depuis les années 1960 et se demande quelle est la nature des probabilités qui apparaissent dans ce cadre. Ce faisant, il met en lumière la possibilité d'une dissociation entre les différents étages de l'édifice bayésien. En effet, il montre qu'il n'est pas évident que l'interprétation bayésienne des probabilités soit la plus appropriée pour les probabilités que manipulent ces systèmes de raisonnement médical qui sont dits bayésiens parce qu'ils accordent une place centrale à la conditionalisation. La pertinence d'une interprétation différente est même défendue par l'auteur dans l'optique de l'intégration du concept de probabilité aux ontologies appliquées.

Mikaël Cozic & Bernard Walliser étudient quant à eux les probabilités de la théorie des jeux (« **Les probabilités en théorie des jeux** »). Une enquête méticuleuse les conduit à distinguer entre différents types d'incertitudes prises en compte dans ce cadre, et donc entre différents types de probabilités. Ils font apparaître que toutes les probabilités de la théorie des jeux ne représentent pas de la méconnaissance de la part des joueurs, et expliquent que, même pour celles dont c'est le cas, l'interprétation bayésienne, très majoritaire à ce jour, n'est pas incontestable. Ils montrent en outre que la théorie des jeux épistémique et la théorie des jeux évolutionnaire se distinguent de la théorie des jeux traditionnelle d'une façon qui justifie de les traiter séparément.

Dans le dernier chapitre de la première partie, Denis Bonnay & Mikaël Cozic (« **La vie sociale des bayésiens** ») explorent une contrée théorique dont nous avons suggéré qu'elle est faiblement peuplée : l'intersection

---

[28] En particulier dans Jon Williamson, *In Defence of Objective Bayesianism*, Oxford University Press, 2010.

de l'épistémologie sociale – c'est-à-dire la partie de la théorie de la connaissance qui se concentre sur les aspects collectifs des activités épistémiques – et du bayésianisme conçu comme théorie normative du raisonnement. La première partie porte sur l'agrégation des degrés de croyance. Elle présente et discute les principales propriétés que sont susceptibles d'avoir les fonctions d'agrégation dans le domaine probabiliste. La deuxième partie procède d'un double constat. D'un côté, le bayésianisme classique, s'il occulte classiquement la dimension sociale de l'entreprise de connaissance, n'en accorde pas moins une place centrale à une procédure de révision des croyances à la lumière de nouvelles informations : la conditionalisation bayésienne. De l'autre côté, les informations détenues par les autres ou les informations relatives aux croyances entretenues par les autres et aux degrés qui qualifient ces croyances peuvent être prises en compte dans ce cadre. Les auteurs étudient la conditionalisation bayésienne en tant que procédure de révision à la lumière de telles informations et la comparent à d'autres méthodes, plus habituelles, de révision sociale des degrés de croyance.

La deuxième partie de l'ouvrage (« *L'approche bayésienne en statistiques* ») porte sur les statistiques, les trois chapitres qui la composent présentant et défendant une approche bayésienne dans ce domaine. Le chapitre de Jan Sprenger (« *Bayésianisme versus fréquentisme en inférence statistique* ») se distingue par son caractère largement comparatif et par ceci qu'il accorde une large place aux arguments négatifs en faveur du bayésianisme. Après avoir introduit les principes de l'inférence statistique bayésienne puis les fondements et les concepts centraux des principales approches fréquentistes, l'auteur confronte la façon dont les bayésiens et les fréquentistes évaluent et comparent les hypothèses, et présente les principaux arguments qui peuvent être opposés au fréquentisme dans le domaine des statistiques. Il discute ensuite des tentatives visant à fonder positivement le bayésianisme puis, dans un dernier mouvement, explore les voies selon lesquelles les bayésiens peuvent répondre à la principale objection qu'ils ont à affronter : l'objection portant sur le caractère subjectif du bayésianisme.

Le point de départ du chapitre de Bruno Lecoutre (« *Pourquoi les méthodes bayésiennes sont-elles si peu utilisées dans les publications expérimentales ?* ») est la question de savoir pourquoi le bayésianisme reste marginal dans les publications expérimentales, en particulier en psychologie. L'auteur se propose pour sa part de rendre possible le dialogue entre spécialistes de la méthodologie bayésienne et scientifiques pratiquant l'expérimentation.

Il considère que cela requiert d'abord non seulement de présenter des procédures bayésiennes, mais encore d'introduire à l'histoire du débat entre bayésiens et fréquentistes. Il revient en particulier sur la notion de test statistique et sur les différences, aujourd'hui mal connues, entre les significations que cette notion a chez Fisher, chez Neyman et Pearson et chez Jeffreys. Dans un deuxième temps, l'analyse prend en compte des aspects réglementaires, qu'ils concernent les essais cliniques ou les publications en psychologie. Finalement, revenant à une approche plus historique, l'auteur explique quelle est, ou peut être, la place des approches bayésiennes chez les différents auteurs qu'il a évoqués, même quand ceux-ci apparaissent aujourd'hui comme des pères fondateurs du fréquentisme. Il plaide pour un retour aux sources, et en particulier aux travaux de Fisher et de Jeffreys, afin d'élaborer un bayésianisme susceptible de s'imposer y compris pour l'analyse des résultats d'expérience.

Le chapitre de Christian Robert (« **Des spécificités de l'approche bayésienne et de ses justifications en statistique inférentielle** ») constitue un précis de bayésianisme en statistiques. Il présente également une dimension historique puisque c'est en commençant par revenir à Bayes, Fisher ou Kolmogorov que l'auteur présente les fondements conceptuels de l'inférence statistique bayésienne, puis ses modalités plus spécifiques ainsi que certains grands débats auxquels elle a donné lieu. Sur tous ces plans, l'auteur entre dans un détail technique plus grand que celui auquel le philosophe est accoutumé et permet ainsi au lecteur non spécialiste mais intéressé de progresser sur ce terrain. Le chapitre est sans conteste le plus technique non seulement de la deuxième partie, mais encore de l'ouvrage dans son ensemble.

La troisième partie de l'ouvrage (« **Le bayésianisme à l'œuvre dans les sciences empiriques** ») porte sur la façon dont le bayésianisme est effectivement mis en œuvre dans les sciences empiriques. Comme la partie précédente, elle regroupe des chapitres écrits par des scientifiques et des chapitres écrits par des philosophes des sciences. Dans le premier chapitre, Isabelle Albert (« **Le choix bayésien pour évaluer les risques alimentaires microbiologiques** ») part de son expérience de biologiste à l'Inra et explique comment elle en est venue à privilégier l'approche bayésienne, et plus spécifiquement à utiliser les réseaux bayésiens pour représenter les situations qu'elle étudie et pour aborder les questions des sécurités alimentaires sur lesquelles elle travaille. Ce faisant, elle facilite l'accès au formalisme des réseaux bayésiens ou aux principes d'une utilisation bayésienne des simulations de Monte-Carlo, en même temps qu'elle

donne un contenu concret à des arguments généraux souvent présentés de manière très abstraite.

Anouk Barberousse (« *Méthodes bayésiennes dans l'étude du climat* ») s'intéresse quant à elle à un domaine dans lequel les approches bayésiennes, si elles tendent à se développer, restent minoritaires : l'étude du climat. Le chapitre dont elle est l'auteur porte plus précisément sur les grands modèles physiques et chimiques de l'évolution du climat – les « modèles généraux de circulation » – et prend pour guides de lecture les rapports d'évaluation publiés par le Giec. L'auteur commence par identifier les trois tâches relevant de l'étude du climat pour le traitement desquelles les méthodes bayésiennes semblent particulièrement appropriées et sont effectivement mobilisées. Elle étudie ensuite les arguments qui sont donnés en faveur de ces méthodes, et insiste sur le caractère hétéroclite des arguments proposés. Elle met en particulier en lumière le fait qu'ils sont sensibles à l'identité de leurs destinataires : ceux qui sont avancés dans le cadre de discussions entre spécialistes de l'étude du climat sont différents de ceux qui visent un public plus large.

Le chapitre de Nicolas Lartillot (« *Inférence bayésienne en génétique évolutive* ») porte sur la génétique évolutive et l'étude de la phylogénie. Partant des spécificités de ces disciplines, l'auteur explique pourquoi elles recourent à l'inférence probabiliste et retrace à grands traits l'histoire de sa mise en œuvre dans ces domaines. Les années 1990 ont vu le retour en force des approches bayésiennes. L'auteur en fait part, présentant les propriétés de l'inférence bayésienne qui la rendent particulièrement intéressante pour la génétique évolutive. Sa présentation, aussi pédagogique que parfaitement informée, donne une idée claire des principes qui sous-tendent la pratique actuelle de l'inférence bayésienne dans ce domaine. Mais l'auteur défend également la thèse selon laquelle ces pratiques, dont certaines sont hybrides et combinent apports bayésiens et éléments typiquement fréquentistes, restent insuffisamment fondées. Si le débat historique entre bayésiens et fréquentistes, né dans les années 1930, est aujourd'hui dépassé en génétique évolutive, il tarde à être remplacé par une réflexion approfondie portant sur les fondements des pratiques bayésiennes actuelles.

Finalement, le chapitre de Nadine de Courtenay & Fabien Grégis (« *Incertitude de mesure et probabilités : la confrontation des approches fréquentiste et bayésienne en métrologie* ») aborde le bayésianisme relativement à un domaine mal connu des philosophes des sciences en dépit de son caractère fondamental : la métrologie, c'est-à-dire la science de la mesure. Les auteurs présentent et cherchent à expliquer l'essor important de l'approche

bayésienne dans ce domaine depuis les années 1990 – et en particulier depuis la publication du *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* en 1993 – et le fait qu'elle a récemment supplanté le traitement fréquentiste des erreurs de mesure. Leur propos n'est pas celui de philosophes qui se situeraient en surplomb de l'activité scientifique qu'ils étudient. Partant des pratiques et des débats qui animent la communauté métrologique, ils cherchent à montrer comment émergent à ces niveaux des questions proprement philosophiques. De même que Nicolas Lartillot au chapitre précédent, ils soulignent que ces questions sont plus subtiles et plus variées que ne le suggère le débat philosophique qui oppose classiquement bayésiens et fréquentistes. La fin du chapitre est largement consacrée à l'analyse d'une position récente, originale et qui vise à concilier l'approche fréquentiste et certains des points forts du bayésianisme : le fréquentisme «élargi», l'élargissement visant en particulier à prendre en compte de la dimension sociale de l'activité de mesure.

La dernière partie du livre (« **Portée du bayésianisme** ») regroupe des chapitres qui abordent tous, quoique de manières fort différentes, la question de savoir quelle est exactement la portée du bayésianisme. La question, plus explicitement, porte sur le statut – normatif, théorique, descriptif, prescriptif, etc. –, et donc sur la portée, des modèles bayésiens. Comme nous l'avons déjà indiqué, c'est à propos du cerveau que cette question se pose de la manière la plus aiguë. Ainsi spécifiée, elle est abordée de front par Peggy Seriès. Le chapitre dont elle est l'auteur (« **Le cerveau est-il une machine bayésienne ?** ») porte sur l'hypothèse selon laquelle le cerveau serait une machine bayésienne. Il commence par préciser ce que cette hypothèse signifie quand elle est adoptée comme cadre théorique pour l'étude de la perception et de la décision par les sciences cognitives. Les avantages qu'elle présente alors, ainsi que les limites auxquelles elle se heurte, sont également discutés. La seconde partie du chapitre est consacrée à la version neurale de l'hypothèse du cerveau bayésien, c'est-à-dire à la thèse selon laquelle l'activité neuronale encoderait effectivement de l'information probabiliste et effectuerait des calculs qui seraient bien ceux que requiert la mise en œuvre de la conditionalisation bayésienne. L'auteur présente plusieurs propositions relativement à une éventuelle implémentation neurobiologique du bayésianisme.

Sur le même sujet et également depuis les neurosciences, Jean Daunizeau (« **Le cerveau bayésien : une approche évolutionniste de la cognition** ») adopte une perspective différente, plus ouvertement partisane et, surtout,

évolutionniste. Le bayésianisme est d'emblée compris comme incluant une composante relevant de la théorie de la décision et présenté comme une théorie normative, indiquant quel comportement constitue la réponse optimale à un stimulus environnemental donné, vu les informations disponibles. Cela soulève la question de savoir si les écarts manifestes à l'optimalité, par exemple les nombreuses illusions perceptives, impliquent que le bayésianisme n'est pas une représentation adéquate de nos comportements. L'auteur explique que non, et que le bayésianisme peut rendre compte de ces comportements, en particulier en faisant peser le poids des réponses déviantes sur les *priors*. La perspective évolutionniste permet de comprendre que cela ne signifie pas que le traitement bayésien de l'information soit sous-optimal : nos comportements, tels que régis par les principes bayésiens, sont optimaux en moyenne et les phénomènes locaux de sous-optimalité peuvent être conçus comme des effets secondaires de la pression de sélection qui s'exerce sur les processus cognitifs engagés dans le contrôle du comportement. Cette approche invite à se pencher sur la version neurale de l'hypothèse du cerveau bayésien. Sous cet aspect, l'auteur s'attarde en particulier sur le principe de l'énergie libre, qui permet de voir les mécanismes de plasticité cérébrale comme des implémentations de l'apprentissage bayésien des associations intéressantes pour la cognition et le contrôle du comportement. Ces analyses sont finalement complétées par une présentation des succès de l'approche bayésienne pour l'étude des fonctions cognitives supérieures.

Dans le dernier chapitre de l'ouvrage (« **Les modèles bayésiens du diagnostic médical sont-ils normatifs ou descriptifs ?** »), Maël Lemoine se penche sur un domaine tout autre : celui des modèles du diagnostic bayésien. De même que Peggy Seriès, il prend la question du statut du bayésianisme pour fil directeur explicite. Il s'agit pour lui plus exactement de savoir si ces modèles décrivent la pratique des meilleurs diagnosticiens ou bien s'ils constituent une norme susceptible d'améliorer les pratiques diagnostiques. L'auteur fait œuvre de clarification conceptuelle et mène sur ce terrain une enquête minutieuse qui le conduit, après Jonathan Baron, à introduire dans le débat une catégorie intermédiaire, celle du prescriptif. Cette catégorie permet de qualifier tout ce qui vise à rapprocher les faits de la norme, et donc ici les diagnostics réels de ceux auxquels conduisent les normes bayésiennes de rationalité. Pour chacune des trois affirmations alors possibles, selon lesquelles les modèles bayésiens du diagnostic médical seraient,

respectivement, normatifs, descriptifs et prescriptifs, l'auteur examine en quels sens elle est plausible. Il s'attache en particulier à montrer qu'aucune des nombreuses objections qui ont pu être opposées à la thèse selon laquelle ces modèles seraient normatifs ne résiste à un examen minutieux.

**REMERCIEMENTS.** Je tiens à remercier Anouk Barberousse, Adrien Barton et Marion Vorms pour leur relecture attentive et les nombreuses discussions que nous avons eues à propos des questions abordées dans l'ouvrage, et Marc Silberstein pour m'avoir invitée à travailler sur le bayésianisme et pour la patience dont il a dû faire preuve.