JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE STATISTIQUE

PIERRE DAGNELIE

Analyse des commentaires. La planification des expériences : choix des traitements et dispositif expérimental

Journal de la société française de statistique, tome 141, n° 1-2 (2000), p. 65-69

<http://www.numdam.org/item?id=JSFS_2000__141_1-2_65_0>

© Société française de statistique, 2000, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société française de statistique » (http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (http://www.numdam.org/conditions). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
http://www.numdam.org/

ANALYSE DES COMMENTAIRES

La planification des expériences : choix des traitements et dispositif expérimental

Pierre DAGNELIE

Préambule

La première impression ressentie, au vu des commentaires reçus, est une réaction de surprise, face au grand intérêt qu'a suscité un article somme toute très général, qui n'avait d'autre objectif que de constituer une mise en garde illustrée par quelques exemples. Cette première réaction se mue immédiatement en une profonde reconnaissance vis-à-vis des auteurs des différentes contributions.

Une deuxième impression globale est liée à la diversité des approches des uns et des autres, diversité qui est bien sûr largement fonction des différents domaines d'application pris en considération. Cette diversité n'empêche cependant pas une large approbation, avec certaines réserves évidemment, du contenu de l'article proposé au *Journal de la Société Française de Statistique.*

Nous ne pouvons, sans être trop long, reprendre et discuter tous les aspects qui ont été évoqués dans les différents commentaires. Nous nous limitons donc à ceux qui nous semblent les plus importants (en considérant les diverses interventions dans l'ordre alphabétique des noms de leurs auteurs, ce qui peut être la source de certaines distorsions).

Commentaires de Jean-Marc Azaïs et Hervé Monod

Jean-Marc Azaïs et Hervé Monod suggèrent notamment différentes solutions permettant de résoudre le problème posé au paragraphe 9.2, à savoir la constitution de blocs incomplets dans le cas d'une expérience factorielle $2^2\ 3\ 4$. Toutes les solutions envisagées ont leurs avantages et leurs inconvénients, dont il serait vain de vouloir mesurer et comparer l'importance dans l'absolu, le choix à réaliser étant bien évidemment fonction des objectifs et des conditions réels de l'expérience envisagée.

Nous tenons à souligner à cette occasion le fait qu'il est essentiel, pour effectuer de tels choix, que les expérimentateurs et les personnes qu'ils consultent éventuellement soient parfaitement conscients des conséquences de leurs décisions, au moment où ils procèdent à la planification de leurs

expériences. Les commentaires formulés au sujet du paragraphe 9.1 (utilisation du *split-plot*) conduisent d'ailleurs à la même réflexion.

Commentaires de Georges Chéroute

Georges Chéroute signale entre autres choses qu'il peut être absurde de « disposer de degrés de liberté surabondants ». C'est un point de vue que nous partageons entièrement, en reconnaissant en outre qu'une telle situation qualifiée aujourd'hui d'absurde a pu caractériser assez largement l'expérimentation agronomique avant l'introduction des concepts d'expériences factorielles fractionnaires et de dispositifs en blocs incomplets ... et que cette situation peut encore se présenter assez souvent à l'heure actuelle.

Dans l'exemple auquel il se réfère (conception d'une porte d'un véhicule), Georges Chéroute écrit aussi : « La répartition des modalités et des combinaisons de modalités de facteurs dans le temps ne doit pas, surtout dans ce cas, être randomisée ». Une telle attitude nous paraît tout à fait acceptable dans certaines situations, mais nous pensons (comme nous l'avons exprimé dans nos conclusions) qu'elle devrait toujours être justifiée explicitement dans le protocole expérimental, la justification étant complétée par une appréciation des conséquences éventuelles d'un tel choix.

Enfin, la question des différents éléments qui constituent la variance dite résiduelle mérite bien d'assez longs développements.

Commentaires de Jacques Demonsant

La contribution de Jacques Demonsant, intitulée *La pratique industrielle des plans d'expériences*, ne demande pas de réponse particulière, mais suscite néanmoins quelques réactions, en ce qui concerne en particulier la comparaison entre les applications industrielles et agronomiques des plans d'expériences.

A propos de la phrase « On ne s'étonnera donc pas que l'accent soit mis sur la minimisation du coût et surtout de la durée de l'expérience », il faut souligner le fait que la distinction entre applications industrielles et applications agronomiques n'est guère fondée sur la question des coûts, qui peuvent être aussi contraignants dans un cas que dans l'autre, mais bien sur la question de durée, au moins pour certaines applications agronomiques. Pour justifier cette affirmation, si besoin en est, il suffit de dire que, dans nos régions et dans des conditions normales de production, la culture d'une céréale annuelle ne s'effectue bien sûr qu'une fois par an (même s'il ne s'agit que d'une saison de culture de quelques mois) et qu'il n'est pas question de pouvoir raccourcir sensiblement, par exemple, la durée de gestation d'une vache laitière ! Mais il faut savoir aussi que ce type d'applications est loin de représenter la totalité, voire même aujourd'hui l'essentiel des applications agronomiques.

D'autre part, on peut noter que les « facteurs de bruit », au sens de Taguchi, sont pris en compte depuis bien longtemps dans le domaine agronomique, par la répétition des mêmes expériences (ou d'expériences semblables) en différents endroits, choisis dans l'ensemble du territoire auquel on souhaite appliquer les conclusions de l'étude, et au cours de plusieurs années ou saisons de culture ou de production.

D'autres remarques de Jacques Demonsant, formulées notamment à propos de la randomisation et en conclusion, vont dans le même sens que celles de Georges Chéroute et pourraient conduire aux mêmes réflexions que ci-dessus.

Commentaires de Camille Duby

Au début de son intervention, Camille Duby écrit en particulier : « je ne pense pas qu'il soit opportun de faire une dichotomie ... entre applications agronomiques et applications industrielles ». C'est un point de vue que nous voudrions bien pouvoir partager, mais qui nous paraît fort utopique au stade actuel. La diversité des approches adoptées dans les différents commentaires qui sont discutés ici nous semble d'ailleurs en être un témoignage supplémentaire.

Camille Duby consacre ensuite l'essentiel de ses réflexions aux différentes composantes de la variance dite résiduelle (erreurs de mesures, effets des facteurs incontrôlés et erreurs de modèle) et à l'estimation de cette variance (problèmes qui ont été abordés également par Georges Chéroute). A cet égard, nous avons particulièrement apprécié la mise en garde relative au fait de considérer les seules erreurs de mesure de la variable réponse comme base d'estimation de la variance résiduelle.

Commentaires de David J. Finney

David Finney, que nous remercions tout particulièrement pour sa contribution, revient sur les problèmes de constitution de blocs (*blocking*), de répétitions et de randomisation. Il met aussi en évidence les différents types de contraintes qui sont susceptibles d'influencer la définition d'un plan d'expérience et il circonscrit la notion d'expérience « la meilleure ». Ces différents points ne demandent guère de réponses.

A la fin de son intervention, David Finney formule des réserves quant à un éventuel usage excessif des tests d'hypothèses. Il est clair que, dans notre esprit, les approches « estimations » (et éventuellement limites de confiance) et « tests d'hypothèses » doivent être considérées comme complémentaires et en aucun cas comme exclusives l'une de l'autre.

Commentaires d'André Kobilinsky

André Kobilinsky concentre aussi son attention sur les questions de randomisation et de répétitions.

Quant à la randomisation, il en souligne abondamment l'importance, mais également les limites, qui peuvent conduire de facto à l'utilisation de dispositifs de type *split-plot.*

Quant aux répétitions, il met en garde contre la « multiplication des répétitions inutiles ... au détriment du nombre de facteurs pris en compte », ce qui va dans le même sens que les commentaires de Georges Chéroute en matière de « degrés de liberté surabondants », à propos desquels nous avons marqué notre approbation.

Mais André Kobilinsky soulève en outre une question qui nous paraît essentielle et sur laquelle nous reviendrons en conclusion, à savoir le « petit nombre de statisticiens » disponibles dans certains domaines.

Commentaires de Marie-Christine Sado et Gilles Sado

La contribution de Marie-Christine Sado et Gilles Sado, largement centrée sur les aspects industriels, ne demande pas non plus de longue réponse.

Cette contribution met cependant en évidence un élément supplémentaire non négligeable, à savoir les contraintes qui peuvent être imposées par le « donneur d'ordre » ou le « management », et qui peuvent conduire à une « situation de rejet » de certains plans d'expériences. Il s'agit là d'une forme de restriction qui peut être extrêmement préoccupante pour le statisticien consultant pris entre deux feux – les exigences de rigueur scientifique d'une part et les exigences « venant d'en haut » d'autre part.

Il faut savoir que des problèmes de conscience assez semblables peuvent se poser dans le domaine de la recherche publique ou subventionnée, notamment quand des programmes de recherche doivent être élaborés, en leur donnant un maximum de chances d'être retenus, en réponse à certains appels d'offres, d'organismes internationaux notamment.

Commentaires de Richard Tomassone, Sandrine Charles-Bajard et Lise Bellanger

Merci tout d'abord à Richard Tomassone, Sandrine Charles-Bajard et Lise Bellanger de nous ramener plus de deux mille ans en arrière, en nous rappelant la sagesse du grand Platon !

La longue analyse de ces auteurs est principalement centrée sur la « part aléatoire de toute modélisation statistique », sur les estimations de variances

ou d'écarts-types, sur l'importance de ces estimations et sur les difficultés rencontrées à ce sujet, en particulier dans le cas des dispositifs saturés et des méthodes Taguchi.

Mais nous retenons surtout de cette contribution les remarques formulées (et les doutes émis) à diverses reprises quant à la formation des statisticiens, face à la diversité des méthodes et de leurs applications possibles, quant à la nécessaire "osmose entre la théorie et la pratique", et quant aux relations entre le statisticien ou le théoricien et l'utilisateur ou le praticien.

Conclusions

Nous avons commencé ces quelques pages de réponse en soulignant qu'une des premières impressions qui ressortaient des commentaires reçus était, à la fois, la diversité des approches des différents auteurs et un assez large consensus au sujet des vues développées dans l'article proposé au *Journal de la Société française de Statistique*. Une analyse plus détaillée de l'ensemble des contributions ne fait que confirmer cette double impression.

Encore faut-il bien prendre conscience du fait que seuls deux grands domaines d'application des plans d'expériences – le domaine agronomique et le domaine industriel – ont été envisagés. D'autres éléments, éthiques notamment, seraient certainement apparus si d'autres secteurs d'application, dont le secteur médical, avaient aussi été l'objet d'échanges de vues.

Mais le point le plus frappant est sans doute qu'en partant d'un article qu'on peut considérer comme étant essentiellement de statistique appliquée, on débouche sur des réflexions plus fondamentales relatives à la formation des statisticiens (ou à leur formation inadéquate en ce qui concerne les applications), à leur intérêt (ou leur manque d'intérêt) pour les applications, et à leur disponibilité (ou leur disponibilité insuffisante) comme consultants.

A cet égard, nous partageons largement les vues de Richard Tomassone, Sandrine Charles-Bajard et Lise Bellanger d'une part, et d'André Kobilinski d'autre part. Nous avons d'ailleurs déjà souligné à diverses reprises combien il nous paraît important, pour l'avenir de la statistique appliquée (ou de la biométrie), qu'une attention sensiblement plus grande soit accordée d'une manière très générale aux applications de la statistique et à la fonction de statisticien consultant [Dagnelie, 1995, 1997, 1998].

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DAGNELIE P. [1995]. Statistique, biométrie, agronomie : quelques perspectives d'avenir. *C. R. Acad. Agric. France* **81** (8), 63-70.

DAGNELIE P. [1997]. L'avenir de la biométrie. *Multiciência* (São Carlos, Brésil) **2** (1), 141-149.

DAGNELIE P. [1998]. Quelques perspectives relatives à la biométrie : pays en voie de développement et pays développés. *In* : Laloë F., Perrier X. (éd.). *De l'observation à l'analyse, implication de la biométrie dans les pays en développement.* Montpellier, Société française de Biométrie, 15-28.