

5. Le paradoxe de Simpson et l'émergence de la coopération

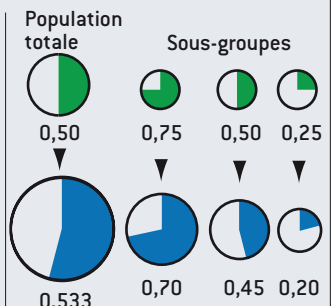
Dans la compétition entre organismes biologiques, le maintien des « biens communs » est une question importante. Lorsqu'il y a un producteur de ce bien commun et un consommateur (un organisme qui en bénéficie sans le produire), les consommateurs ont tendance à proliférer aux dépens des producteurs. L'oxygène de l'air est un exemple de bien commun produit seulement par certains organismes et consommé par d'autres qui ne le produisent pas. En 2009, des chercheurs de l'Université Rockefeller à New York (John Chuang, Olivier Rivoire, Stanislas Leibler) ont créé et étudié une telle situation avec deux souches de la bactérie *Escherichia coli*. L'une des souches produisait un antibiotique utile aux deux souches et l'autre en profitait sans

le produire. Les chercheurs ont composé plusieurs groupes de bactéries, chaque groupe comportant les deux types de bactéries. Une situation apparemment paradoxale est apparue : les non-producteurs croissaient plus vite dans chaque groupe (ce qui n'est pas une surprise) bien qu'au total, les non-producteurs voyaient leur effectif global décroître en proportion. Il s'agissait d'un phénomène de type paradoxe de Simpson.

Pour un biologiste, ce système est un exemple frappant de conflit entre niveaux de sélection. Les bactéries productrices du bien commun sont les bénéficiaires de l'ensemble du système quand on les considère comme un tout, alors qu'à un niveau individuel (celui auquel opère la sélection), elles sont désavantagées,

puisque dans chaque groupe leur proportion diminue.

Grâce aux effets du paradoxe de Simpson, un trait qui bénéficie à la population considérée comme un tout peut ainsi se trouver sélectionné, bien qu'à un niveau individuel le trait soit désavantageux. La chose est étonnante : ce qui est mauvais au niveau individuel se trouve au total favorisé par l'effet mécanique d'un paradoxe de Simpson. La réalisation concrète de l'expérience par les chercheurs démontre que cet effet sélectif paradoxal n'est pas seulement théorique, mais doit être pris en compte par les spécialistes de l'évolution. Cette dynamique doit être envisagée comme un mécanisme de sélection de traits individuels favorables à la coopération et à l'altruisme. Utiliser le paradoxe



En vert, la proportion initiale de bactéries de type 1.
En bleu, la proportion finale de bactéries de type 1.

de Simpson est l'une des ruses que la sélection naturelle mettrait en œuvre pour favoriser les traits coopératifs et faire ainsi émerger et prospérer des entités collectives d'individus coopérateurs et solidaires.

Simpson est toujours présent : tout tableau composé de données pas trop petites est susceptible d'être séparé en deux tableaux créant un paradoxe de Simpson.

Argument 2. Il existe des situations que l'on nommera « Double-Simpson », dont la première a été découverte par Jean-François Colonna, du Centre de mathématiques appliquées de l'École polytechnique, où :

– Le tableau 1 suggère que le médicament est meilleur que le placebo.

– Les tableaux 2 et 3 suggèrent que le placebo est meilleur que le médicament.

– Les tableaux 4 et 5 suggèrent que le médicament est meilleur que le placebo.

– Il existe deux jeux de données (tableaux 6A-9A et tableaux 6B-9B) compatibles avec les tableaux 1-5 et tels que pour chaque catégorie précise (il y en a quatre), ce que laissent supposer les données A est l'inverse de ce que suggèrent les données B (voir l'encadré 3).

Cette possibilité de jeux A et B conduisant à des prescriptions opposées pour chacune des quatre catégories n'était pas connue avant les expériences numériques de J.-F. Colonna. Elle établit définitivement

que dans certaines situations, celui qui veut des certitudes absolues ne peut agir à cause du paradoxe de Simpson.

Heureusement, dans les cas que nous avons envisagés, celui qui est prêt à prendre le risque de se tromper (en médecine le prescripteur est souvent dans une telle situation) réussira à prendre des décisions à peu près sûres. On montre en effet que celui qui connaît un tableau comme notre tableau 1 et le sépare en deux catégories complémentaires ne tombera sur des résultats opposés (tels les tableaux 2 et 3) qu'avec une probabilité de 1,92 %. De même, en fusionnant deux tableaux donnant des indications dans le même sens, la probabilité que le tableau résultant contredise les deux premiers est faible. De même encore, la probabilité que trois tableaux, dont l'un est la somme des deux autres, présentent un paradoxe de Simpson est faible.

La conclusion est que même si les cas où le paradoxe de Simpson se produit sont vraiment gênants (c'est ce qu'établit le « Double-Simpson »), ils sont heureusement assez rares. On peut donc prendre le risque... de ne pas y penser !

L'AUTEUR



J.-P. DELAHAYE est professeur à l'Université de Lille et chercheur au Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille (LIFL).

BIBLIOGRAPHIE

J. Pearl, *Simpson's paradox : An anatomy*, 2011 : <http://escholarship.org/uc/item/3s62r0d6>

H. Goltz et M. Smith, *Yule-Simpson paradox in research, Practical Assessment, Research & Evaluation*, vol. 15, 2010 : <http://pareonline.net/pdf/v15n15.pdf>

J. Chuang et al., *Simpson's paradox in a synthetic microbial system*, *Science*, vol. 323, pp. 272-275, 2009.

M. Pavlides et M. Perlman, *How likely is Simpson's paradox ? The American Statistician*, 2009 : <http://bit.ly/10xToug>

SCIENCE & FICTION

Le fantôme de l'invisibilité

Pour être invisible, un objet ou un organisme vivant doit être transparent et ne pas réfléchir la lumière. Différentes techniques sont à l'étude, mais aucune n'est parfaite.

Ce qui n'empêche pas certains cinéastes de jouer avec l'invisibilité de leurs personnages.

Roland LEHOUCQ et J. Sébastien STEYER

Pourquoi le désir d'invisibilité est-il si fort et si présent dans l'inconscient collectif, dans la littérature et dans les films ? Vraisemblablement parce que l'invisibilité fait disparaître les contraintes sociales et morales. Pouvant échapper à tout châtement, l'homme invisible devient un danger pour la société.

C'est d'ailleurs le sujet de la fable de Gygès, contée par Platon au début du II^e livre de *La République*. Gygès, simple berger de Lydie, découvre par hasard un anneau qui lui permet de se rendre invisible tout en conservant la faculté de voir et d'entendre ce qui se passe autour de lui. Grâce à ce pouvoir, il se rend au palais royal, séduit la reine, complot avec elle et assassine le roi pour s'emparer du pouvoir. Cette expérience de pensée permet à Platon de discuter de ce qu'est un homme juste et des motivations de la moralité.

C'est une histoire voisine que raconte H. G. Wells dans son roman *L'Homme invisible* (1897), où le chimiste Jack Griffin découvre un sérum d'invisibilité et le teste sur lui. Jouissant de ce pouvoir, il commet vols et crimes, s'enfermant dans une spirale infernale qui le conduira à la mort. Souvent, l'invisibilité est un superpouvoir qui se paie cher, comme l'apprendront aussi Bilbo, puis son neveu Frodon, en utilisant l'Anneau Unique de Sauron dans les œuvres de J. R. R. Tolkien (*Bilbo le Hobbit*, 1937, et *Le Seigneur des Anneaux*, 1954-55).

Quant aux méthodes conférant l'invisibilité, elles varient de la magie jusqu'aux

procédés techniques les plus élaborés. Côté magie, Harry Potter et sa cape d'invisibilité viennent immédiatement à l'esprit. Pour le reste, les exemples foisonnent. Ainsi, Jane Storm, membre des *Quatre Fantastiques* (Marvel Comics, 1961), peut se rendre invisible à volonté après avoir été irradiée accidentellement par des rayons cosmiques durant une expédition spatiale. Dans la série américaine *L'homme invisible*, datant de 1975, le savant Daniel Westin met au point une « machine à rayons » capable de rendre les objets invisibles et qu'il s'applique à lui-même. Plus près du mimétisme, le major Kusanagi est une cyborg du manga *Ghost in the shell* dotée d'un camouflage « thermo-optique » qui n'est pas sans rapport avec l'armure de l'affreux extraterrestre du film *Predator*, qui renvoie la lumière pour annuler le contraste avec son environnement.

Des solutions pour se rendre invisible

Quittons le domaine de la fiction pour nous poser la question de l'invisibilité sur Terre. Nous constatons que de nombreux animaux (céphalopodes, arthropodes ou caméléons) disposent de différents types de camouflages ou autres mimétismes, qui ont été sélectionnés au cours de l'évolution. En effet, ils leur confèrent un avantage lors de la chasse ou pour passer inaperçus aux yeux de leurs prédateurs. Ces stratégies sont rendues possibles notamment grâce à des cellules pigmentaires de la peau (les chromatophores



1. L'HOMME INVISIBLE a été le héros de très nombreux romans, films, séries télévisées ou bandes dessinées !