



## Stochastique

> L'étymologie de l'adjectif stochastique vient du grec *stokhastikos* « qui vise bien, habile à conjecturer, pénétrant »<sup>1</sup>. En biologie, sont stochastiques les événements et transitions d'état dont les produits ne peuvent pas être prédits avec certitude par la seule connaissance de l'état initial. Les synonymes usuels de stochastique, le hasard ou l'aléatoire<sup>2</sup>, accentuent fortement l'impression d'absence de prédictibilité. Cependant, en biologie, cette part d'imprévu peut sembler en contradiction à une vision programmée des organismes vivants dont une part de la physiologie repose sur la génétique. L'origine et l'ampleur des aspects stochastiques des processus biologiques doivent donc être précisées. Rappelons que les événements biologiques se produisent dans un contexte moléculaire et cellulaire défini. Le champ des possibles n'est donc pas infini, car il dépend des interactions moléculaires entre protéines, acides nucléiques, sucres, lipides, et de contraintes structurales et thermodynamiques, qui ont façonné l'histoire évolutive du vivant. Un exemple simple est celui d'une mutation ponctuelle de l'ADN, qui ne peut convertir un nucléotide que dans l'un des trois autres nucléotides possibles. Plus proche d'un événement aléatoire, au sens commun, sont les interactions protéines/ADN conduisant à la transcription dite illégitime<sup>3</sup> d'un gène. Ou bien encore, l'asymétrie de composition cytosolique de deux cellules issues d'une division<sup>4</sup>, la formation de certaines synapses au cours du développement, la fécondation d'un ovocyte par un spermatozoïde, ou les effets biologiques de l'environnement (rayonnement UV, infections, etc.). Ces exemples soulignent

l'existence des différentes échelles et degrés de liberté des événements stochastiques en biologie. Malgré ces variations, les produits obtenus conservent la structure moléculaire parentale. Ainsi, si jouer au dé est un élément de la vie, le lancer ne donnera jamais 7 !

Nombre d'observations confirment que la stochasticité est une propriété du vivant, et elle est généralement bien prise en compte par la communauté des chercheurs. C'est la prédictibilité des événements biologiques, une attente sociétale forte en biologie et médecine, qu'il convient d'éclairer. Les études statistiques, l'IA et les modélisations mathématiques aident beaucoup en réduisant très fortement les incertitudes. Toutefois, ces analyses sont mieux adaptées aux études en laboratoire et à celles de populations. Pour les trajectoires individuelles, il faudra toujours ouvrir la boîte pour savoir si le chat est « vivant ou mort »<sup>5</sup>. ♦

### Stochastic

**Jean-Christophe Pagès**

Université de Toulouse, CNRS U-5070, EFS,  
ENVT, Inserm U1301  
Toulouse, France.  
[jean-christophe.pages@univ-tlse3.fr](mailto:jean-christophe.pages@univ-tlse3.fr)

### LIENS D'INTÉRÊT

*L'auteur déclare n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.*

<sup>1</sup> <https://www.dictionnaire-academie.fr/>

<sup>2</sup> Hasard dérive du mot arabe *az-zahr* (dé à jouer), et l'adjectif aléatoire dérive du latin *alea*, qui désigne aussi le jeu de dés. Retrouvé dans « *Alea jacta est* » (le sort en est jeté), qu'aurait prononcé César au moment de franchir le fleuve Rubicon.

<sup>3</sup> Transcription à bas bruit d'un gène dans un type cellulaire dans lequel il n'aurait pas de rôle fonctionnel. Ce phénomène est lié aux mécanismes biochimiques d'interaction des complexes de transcription avec l'ADN, il concerne l'ensemble du génome.

<sup>4</sup> Qui peut tout de même avoir une importance biologique en produisant des cellules filles de phénotype différents.

<sup>5</sup> Référence au « chat de Schrödinger » du physicien E Schrödinger, illustration du monde quantique qui oscille entre plusieurs états que seules des équations probabilistes peuvent décrire.