

# Hasard évolutionnaire : quel hasard ?

Mise en perspective par rapport à l'histoire de la notion de hasard en philosophie et en science

## Le hasard : une notion multiple

- Le **hasard subjectif** concerne notre connaissance des événements réels.
- Le **hasard objectif** est une propriété du monde réel, indépendante de la connaissance que nous en avons.



## 1- Le hasard en tant qu'ignorance des causes (hasard subjectif)

- Charles Darwin
  - « Jusqu'à présent j'ai parlé comme si les variations [...] étaient dues au hasard. Cela est évidemment une expression totalement incorrecte, mais elle est utile afin d'admettre pleinement *notre ignorance des causes* de chaque variation particulière » (1859)
- Les biologistes (encore aujourd'hui)
  - « Fluctuations in population size often appear to be stochastic, or random in time, reflecting *our ignorance about the detailed causes* of individual mortality, reproduction, and dispersal » (Lande *et al* 2003)

Le hasard en tant qu'ignorance des causes



- Pierre-Simon Laplace  
(1749-1827)

## Laplace 1814

- « Tous les événements, ceux même qui par leur petitesse semblent ne pas tenir aux grandes lois de la nature, en sont une suite aussi nécessaire que les révolutions du Soleil. [...] Les événements actuels ont avec les précédents une liaison fondée sur le principe évident, qu'une chose ne peut pas commencer d'être sans un cause qui la produise. [...] Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur et comme la cause de celui qui va suivre. »

## Laplace 1814

- « Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'Analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux. »

## Laplace 1814

- « Dans l'ignorance des liens qui les unissent au système entier de l'univers, on les a fait dépendre des causes finales ou du hasard, suivant qu'ils arrivaient et se succédaient avec régularité ou sans ordre apparent : mais ces causes imaginaires ont été successivement reculées avec les bornes de nos connaissances, et disparaissent entièrement devant la saine philosophie, qui ne voit en elles que l'expression de l'ignorance où nous sommes des véritables causes. »

## 1- Le hasard en tant qu'ignorance des causes (hasard subjectif)

### - Charles Darwin

- « Jusqu'à présent j'ai parlé comme si les variations [...] étaient dues au hasard. Cela est évidemment une expression totalement incorrecte, mais elle est utile afin d'admettre pleinement *notre ignorance des causes* de chaque variation particulière » (1859)

### - Les biologistes (encore aujourd'hui)

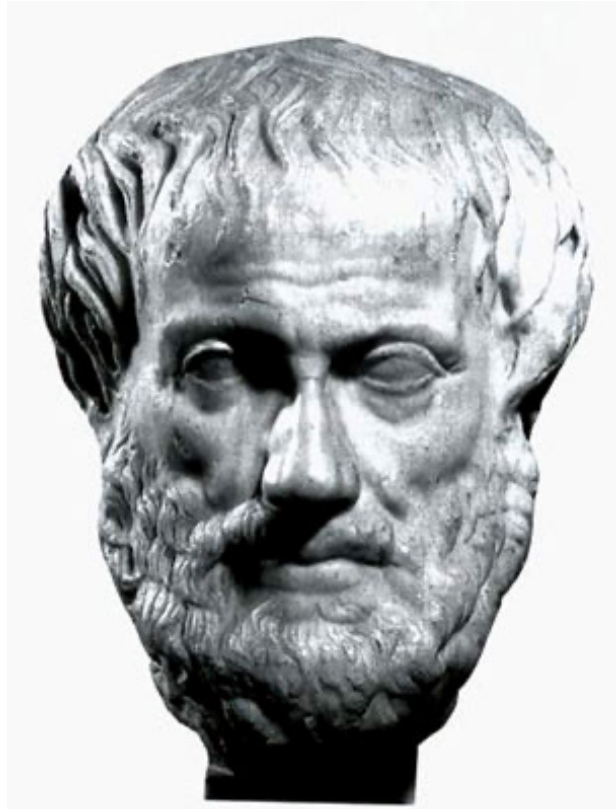
- « Fluctuations in population size often appear to be stochastic, or random in time, reflecting *our ignorance about the detailed causes* of individual mortality, reproduction, and dispersal » (Lande *et al* 2003)



## 2- Le hasard en tant qu'absence d'un dessein (hasard objectif)

- Charles Darwin
  - « (...) les variations de chaque créature sont déterminées par des lois fixes et immuables; mais elles n'entretiennent *aucune relation* avec la structure vivante qui est lentement construite à travers la puissance de la sélection (...). » (1868)
- La Synthèse Moderne (Fisher)
  - « La nature des mutations observées *n'est pas* compatible avec la vision selon laquelle l'évolution est dirigée par ses buts. » (1930)

Le hasard en tant qu'absence d'un dessein



- Aristote (384-322 avant JC)

## Aristote, *Physique*, II, 5, 197a 32-36

- « [...] la fortune et le hasard [spontanéité] sont des causes par accident, pour des choses susceptibles de ne se produire ni absolument, ni fréquemment, et en outre susceptibles d'être produites en vue d'une fin. »

## Aristote, *Physique*, II, 4, 195a, 36

- « [...] le fait pour un homme de venir sur la place par fortune, et d'y rencontrer celui qu'il voulait, mais sans qu'il y eût pensé, a pour cause le fait d'avoir voulu se rendre sur la place pour affaires [...] »
- Cf. aussi II, 5, 197a

## 2-Le hasard en tant qu'absence d'un dessein

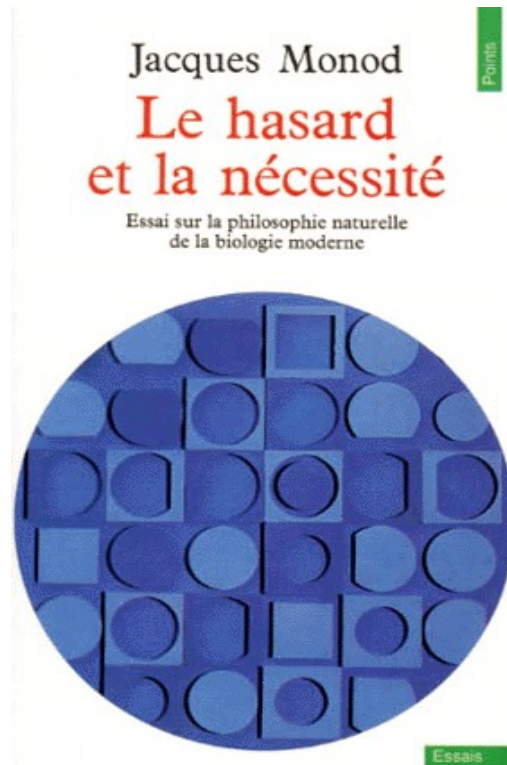
- Charles Darwin

- « (...) les variations de chaque créature sont déterminées par des lois fixes et immuables; mais elles n'entretiennent aucune relation avec la structure vivante qui est lentement construite à travers la puissance de la sélection (...). » (1868)

- La Synthèse Moderne (Fisher)

- « La nature des mutations observées *n'est pas* compatible avec la vision selon laquelle l'évolution est dirigée par ses buts. » (1930)

### 3- Le hasard en tant que rencontre de séries causales indépendantes (hasard objectif)



- Jacques Monod (1910-1976)
  - Dans la relation entre l'occurrence d'une mutation et les besoins de l'organisme (1970)
- Les biologistes (encore aujourd'hui)
  - « The main question [...] is whether the billions of species that died in the geologic past died because they were less fit (bad genes) or merely because *they were in the wrong place at the wrong time* (bad luck). » (Raup 1992)

Le hasard en tant que rencontre de séries  
causales indépendantes



- Antoine-Augustin  
Cournot (1801-1877)

## Cournot (1984[1843])

- « Le principe souverain et régulateur de la raison humaine » selon lequel « aucun phénomène ou événement n' est produit sans cause », p.53
- « Les événements amenés par la combinaison ou la rencontre de phénomènes qui appartiennent à des séries indépendantes, dans l'ordre de la causalité, sont ce qu'on nomme des événements *fortuits* ou des résultats du *hasard*. » p.55



### 3- Le hasard en tant que rencontre de séries causales indépendantes (hasard objectif)

- Jacques Monod (1910-1976)
  - Dans la relation entre l'occurrence d'une mutation et les besoins de l'organisme (1970)
- Les biologistes (encore aujourd'hui)
  - « The main question [...] is whether the billions of species that died in the geologic past died because they were less fit (bad genes) or merely because *they were in the wrong place at the wrong time* (bad luck). » (Raup 1992)

3- Le hasard en tant que rencontre de séries causales indépendantes (hasard objectif)

- Jacques Monod (1970, *Le hasard et la nécessité*, p.155)  
« Les événements élémentaires initiaux qui ouvrent la voie de l'évolution à ces systèmes intensément conservateurs que sont les êtres vivants sont microscopiques, fortuits et sans relation aucune avec les effets qu'ils peuvent entraîner dans le fonctionnement téléonomique. »

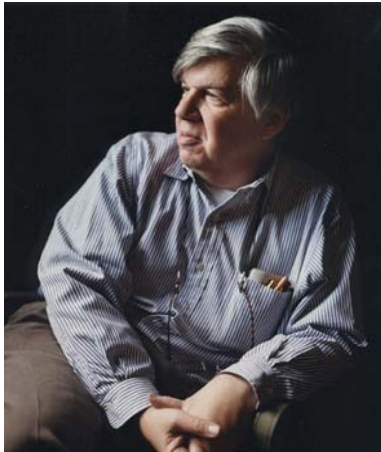
-

### 3- Le hasard en tant que rencontre de séries causales indépendantes (hasard objectif)

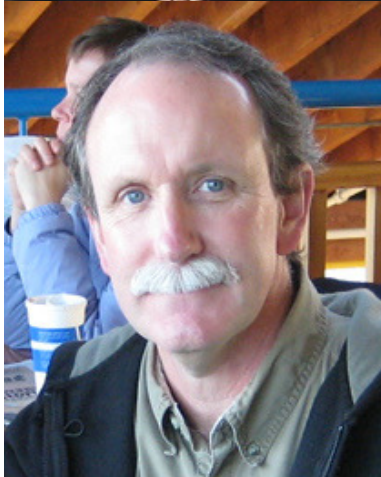
Charles Darwin (1886, *The Variation of Animals and Plants Under Domestication*, p. 249)

« Imaginons un architecte devant construire un édifice avec des pierres non taillées, tombées d'un précipice. La forme de chaque fragment peut être appelée accidentelle. La forme de chacun a été déterminé (...) par des événements et des circonstances, tous dépendants des lois naturelles, mais il n'y a aucune relation entre ces lois et le but pour lequel chaque fragment est utilisé par le constructeur. De la même manière, les variations de chaque créature sont déterminées par des lois fixes et immuables; mais elles n'entretiennent aucune relation avec la structure vivante qui est lentement construite à travers la puissance de la sélection. »

## 4- Le hasard en tant que sensibilité aux conditions initiales (hasard objectif ?)



- Stephen Jay Gould (1941-2002) : « replay the tape of life »
  - « Alter any event, even so slightly and without apparent importance at the time, and the evolution cascades into a *radically different* channel. » (1989)



- John Beatty : le cas des orchidées
  - La *grande diversité* des espèces existantes est très probablement le résultat de *petites événements biochimiques* (mutations) au sein des populations ancestrales et semblables d'orchidées.

Le hasard en tant que sensibilité aux conditions initiales



- Henri Poincaré (1854-1912)
- Théorie du chaos

## Poincaré, *Science et méthode*, 1920[1908]

- « ' Comment oser parler des lois du hasard? Le hasard n'est-il pas l'antithèse de toute loi?' [...] La probabilité est opposée à la certitude; c'est donc ce qu'on ignore et par conséquent semble-t-il ce qu'on ne saurait calculer. Il y a là une contradiction au moins apparente et sur laquelle on a déjà beaucoup écrit. »

## Poincaré, *Science et méthode*, 1920[1908]

- « Une cause très petite, qui nous échappe, détermine un effet considérable que nous ne pouvons pas ne pas voir, et alors nous disons que cet effet est dû au hasard. Si nous connaissions exactement les lois de la nature et la situation de l'univers à l'instant initial, nous pourrions prédire exactement la situation de ce même univers à un instant ultérieur. [...] »

- « [...] Mais, lors même que les lois naturelles n'auraient plus de secrets pour nous, nous ne pourrions connaître la situation initiale qu'*approximativement*. Si cela nous permet de prévoir la situation ultérieure *avec la même approximation*, c'est tout ce qu'il nous faut, nous disons que le phénomène a été prévu, qu'il est régi par des lois; mais il n'en est pas toujours ainsi, il peut arriver que des petites différences dans les conditions initiales en engendrent de très grandes dans les phénomènes finaux ; une petite erreur sur les premières produirait une erreur énorme sur les derniers. La prédiction devient impossible et nous avons le phénomène fortuit. »



## Poincaré, *Science et méthode*, 1920[1908]

- « Voici donc une fois de plus une petite cause et un grand effet; ou mieux des petites différences dans la cause et de grandes différences dans l'effet. »

#### 4- Le hasard en tant que sensibilité aux conditions initiales (hasard objectif ?)

- Stephen Jay Gould (1941-2002) : « replay the tape of life »
  - « Alter any event, even so slightly and without apparent importance at the time, and the evolution cascades into a *radically different* channel. » (1989)
- John Beatty : le cas des orchidées
  - La *grande diversité* des espèces existantes est très probablement le résultat de *petites événements biochimiques* (mutations) au sein des populations ancestrales et semblables d'orchidées.

## D'autres notions de hasard...

- 5- Le hasard pur du niveau quantique
- 6- Le hasard en tant qu'équiprobabilité
- 7- Le hasard en tant que stabilité des fréquences à la limite
- 8- Le hasard en tant qu'incompressibilité d'une suite
- 9- Le hasard en tant que satisfaction de tous les tests statistiques effectifs
- ...

## Le « hasard évolutionnaire » de toute mutation génétique : quel hasard ?

- Une notion de hasard objectif
- Une déclinaison en termes biologiques des notions de hasard en tant que
  - Absence d'un dessein (Aristote)
  - Rencontre de séries causales indépendantes (Cournot)

- Une notion compatible avec d'autres notions de hasard :
  - Ignorance des causes sous-jacentes
  - Sensibilité aux conditions initiales (théorie du chaos)
  - Hasard pur (mécanique quantique)
  - Incompressibilité d'une suite (théorie algorithmique de l'information)
  - ...

# Un concept de hasard unifié

Millstein  
(2011)

**.20.**

## **Chances and causes in evolutionary biology: How many chances become one chance**

*Roberta L. Millstein*

### **Abstract**

As a number of biologists and philosophers have emphasized, 'chance' has multiple meanings in evolutionary biology. Seven have been identified. I will argue that there is a unified concept of chance underlying these seven, which I call the UCC (Unified Chance Concept). I will argue that each is characterized by which causes are considered, ignored, or prohibited. Thus, chance in evolutionary biology can only be understood through understanding the causes at work. The UCC aids in comparing the different concepts and allows us to characterize our concepts of chance in probabilistic terms, i.e. provides a way to translate between 'chance' and 'probability'.

# Un concept de hasard unifié

Millstein  
(2011)

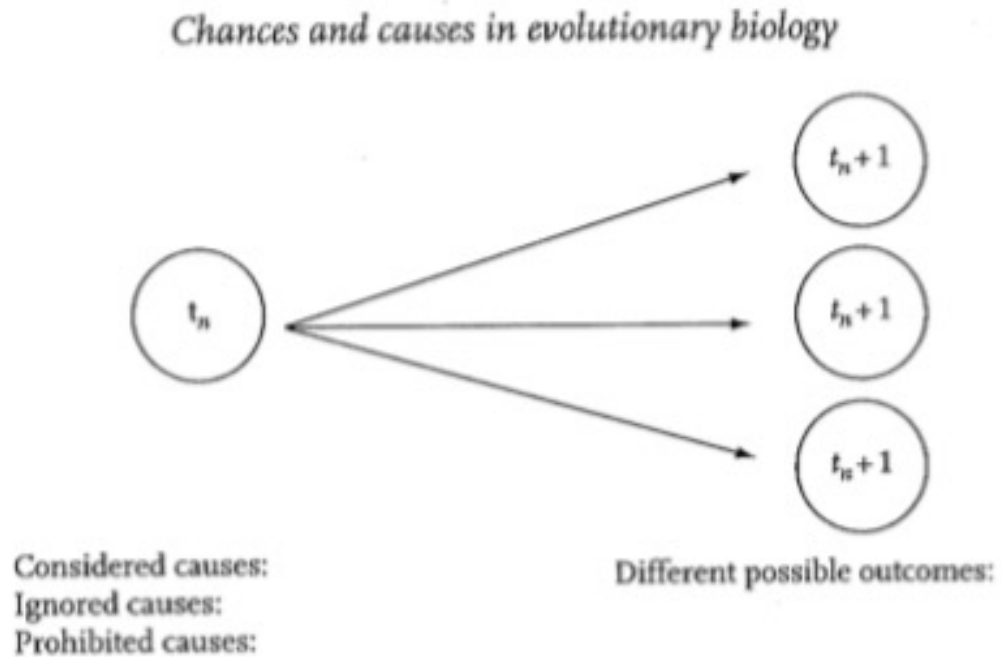


Fig. 20.1. The unified conception of chance.

Conclusion : Debats & questions ouvertes



# Débats

- Défis lancés au « hasard évolutionnaire » de l'origine de la variation en biologie :
  - La transmission de la variation héréditaire non génétique (ex. épigénétique, hérédité culturelle)
    - L'hérédité non génétique marque-t-elle le retour de l'hérédité flexible (hérédité des caractères *adaptatifs* acquis) ?

# Questions ouvertes

- Y a-t-il d'autres manières de concevoir les mutations génétiques comme le fruit du hasard ? (ex. au niveau moléculaire)
- Quel est le rôle de la notion de hasard en biologie (descriptif, explicatif, instrumental,...) ?
- Le hasard en biologie : s'agit-il d'un hasard spécifique, différent du hasard en physique ?

# Questions ouvertes

- Question de l'impact d'une analyse conceptuelle du hasard en biologie sur la science elle-même

# Questions ouvertes

- Question philosophique de la compatibilité entre hasard, déterminisme(s) et probabilités....

# Et si vous voulez en savoir plus...

Francesca Merlin  
*Mutations et aléas*  
*Le hasard dans la théorie de l'évolution*

 **hermann**  
Philosophie

-MERLIN Francesca (2016), 'Le hasard dans la théorie de l'évolution', In Kupiec J-H, Leduc M, Morange M (eds), "Le hasard", Numéro spécial de *Raison Présente* 198: 57-70.

-MERLIN Francesca (2011), 'Le « hasard évolutionnaire » de toute mutation génétique, ou la vision consensuelle de la Synthèse Moderne', *Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences du vivant*, 18 (1) : 79-108.

-D'autres articles en anglais