

■ L'AUTEUR



Martin NOWAK est professeur de biologie et de mathématiques à l'Université Harvard, à Cambridge, aux États-Unis. Il dirige le Programme pour la dynamique évolutionniste.

LES RESPONSABLES POLITIQUES

devraient davantage prendre en compte l'importance de l'information et de la réputation pour limiter les comportements égoïstes.

■ SUR LE WEB

Diaporama sur les espèces qui coopèrent : ScientificAmerican.com/jul2012/cooperation

■ BIBLIOGRAPHIE

M. Nowak et R. Highfield, *Super Cooperators : Altruism, Evolution, and Why We Need Each Other to Succeed*, Free Press, 2012.

D. et E. Wilson, *Pour le bien du groupe ?*, *Dossier Pour la Science*, n° 63, avril-juin 2009.

M. Nowak, *Five rules for the evolution of cooperation*, *Science*, vol. 314, pp. 1560-1563, 2006.

climatique. Pourtant, le bilan environnemental actuel n'incite pas à l'optimisme. Pourquoi avons-nous tant de mal à travailler ensemble pour préserver la planète ? Avons-nous une chance d'y parvenir ? Là encore, la théorie des jeux se révèle riche d'enseignements.

Certains dilemmes relatifs à la coopération et impliquant plus de deux joueurs concernent la gestion des biens communs. Dans ces dilemmes, si un joueur agit de façon altruiste, tout le monde en bénéficie, mais s'il agit de façon égoïste – toutes choses égales par ailleurs –, il augmente ses gains personnels. Aussi, bien qu'il souhaite que les autres coopèrent, il choisit « de façon judicieuse » de faire cavalier seul. Chacun raisonnant de même, la coopération se termine en défection généralisée.

Parmi les jeux de ce type figure la « tragédie des biens communs », décrite en 1968 par l'écologue américain Garrett Hardin (1915-2003).

Des éleveurs qui font paître leur troupeau sur des terres communes accroissent leur nombre de bêtes pour s'accaparer le plus de pâturages possibles, tout en sachant qu'ils détruisent ainsi les ressources nécessaires à tous, y compris à eux-mêmes. Au final, tout le monde est perdant. L'analogie avec les problèmes actuels est évidente, notamment pour la gestion des ressources naturelles telles que le pétrole et l'eau potable.

Tout espoir n'est pas perdu. Une série d'expériences conduites par Manfred Milinski, de l'Institut Max Planck de biologie évolutionniste à Plön, en Allemagne, et ses collègues ont révélé plusieurs facteurs incitant les gens à contribuer au bien commun. Les chercheurs ont donné 40 euros à chacun des participants et les ont fait jouer sur un ordinateur, en leur demandant d'utiliser l'argent pour sauvegarder le climat : à chaque tour, chacun devait mettre une somme de son choix dans un pot commun. Si au bout de dix tours cette somme atteignait 120 euros ou plus, alors les conditions climatiques étaient maîtrisées et les joueurs empochaient l'argent qui leur restait. Si les 120 euros n'étaient pas atteints, la situation climatique était déclarée hors de contrôle et chacun perdait tout son argent.

Les joueurs n'ont finalement pas réussi à sauvegarder le climat, ratant leur objectif

de seulement quelques euros. Toutefois, leur attitude a évolué au fil des parties, sous l'influence de certains facteurs. M. Milinski et son équipe ont découvert qu'ils avaient un comportement plus altruiste lorsqu'ils recevaient des informations fiables sur le climat, issues des recherches scientifiques. Les joueurs avaient donc besoin d'être convaincus du problème pour faire des sacrifices en vue du bien commun. Ils ont aussi agi avec plus de générosité quand leur contribution était publique plutôt qu'anonyme, c'est-à-dire lorsque leur réputation était en jeu. Une autre étude, menée par des chercheurs de l'Université de Newcastle, en Angleterre, a montré que les gens sont plus généreux quand ils se sentent observés, confirmant l'importance de la réputation.

Les facteurs influant sur le comportement commencent à être exploités, par exemple dans certains quartiers de Boston, aux États-Unis. Sur les factures de gaz, la consommation du ménage est comparée à la fois à la consommation moyenne des foyers du quartier et à celle des maisons les plus éco-efficaces. Ainsi, chacun se sent encouragé à réduire sa consommation.

Une coopération instable

Les simulations exploitant la théorie des jeux indiquent que la coopération est instable. Les périodes de prospérité où les individus coopèrent s'achèvent inévitablement en raison de la défection de certains. Pourtant, les comportements altruistes réapparaissent toujours : nos principes moraux se réajustent, en quelque sorte. Les cycles de coopération et de défection sont perceptibles dans l'histoire de l'humanité et dans les fluctuations des systèmes politiques et financiers.

Il est difficile de préciser où nous en sommes aujourd'hui dans ces cycles, mais nous gagnerions à entrer dans une phase plus coopérative. La théorie des jeux donne des outils pour cela. Les responsables politiques devraient davantage prendre en compte l'importance de l'information et de la réputation pour limiter les comportements égoïstes. En exploitant le potentiel de ces outils pour accroître la coopération, nous avons une chance d'éviter une version planétaire de la tragédie des biens communs, où toutes les ressources de la Terre sont en jeu. ■

HISTOIRE DES SCIENCES

La formule secrète du bleu outremer

Le prix du bleu outremer, pigment extrait du lapis-lazuli, dépassait celui de l'or jusqu'à ce que Jean-Baptiste Guimet en fasse la synthèse en 1826.

Néanmoins, l'origine exacte de cette superbe couleur bleue ne fut comprise qu'en 1970.

Bernard VALEUR

D'où vient la magnifique couleur du pigment bleu outremer extrait du lapis-lazuli ? De la présence d'un composé métallique à base de cuivre, comme le supputaient les savants au milieu du XVIII^e siècle, arguant que presque toutes les substances minérales doivent leur couleur à des composés métalliques et que bien des sels de cuivre sont bleus ? L'explication est en fait tout autre : le soufre contenu dans la pierre est le seul responsable de sa couleur bleue. Émise en 1815, l'hypothèse du rôle du soufre s'est révélée exacte peu après, mais l'entité chimique à base de soufre qui donne sa couleur au lapis-lazuli n'a été élucidée... que 150 ans plus tard. Rarement la sagacité des chimistes a été autant mise à l'épreuve, non seulement pour comprendre l'origine de la couleur, mais aussi pour fabriquer du bleu outremer artificiel afin de réduire le prix exorbitant de ce pigment. Ce que réussit en 1826 le Français Jean-Baptiste Guimet, lauréat du concours lancé en 1824 par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

L'histoire du bleu outremer commence avec le lapis-lazuli (du latin *lapis*, pierre, et du persan *lazur*, bleu), aussi nommé pierre d'azur, une pierre fine prisée à toutes les époques et encore de nos jours. Les Égyptiens faisaient de cette pierre des bijoux ou des amulettes, mais n'en extraient pas un pigment, car ils avaient inventé un pigment bleu synthétique, désigné plus tard sous le nom de bleu égyptien. En revanche, en Occident, à partir du XII^e siècle,

on importait le lapis-lazuli d'Afghanistan afin d'en extraire un pigment bleu, dénommé bleu outremer du fait de sa provenance de régions « au-delà des mers ».

Le procédé d'extraction comportait de nombreuses étapes, car le simple broyage de la pierre conduit à une poudre bleu-gris bien terne : il était impératif d'éliminer les impuretés. Pour cela, on ajoutait à la pierre broyée un mélange fondu de résines, de cires et d'huiles, puis la pâte obtenue était malaxée dans l'eau. Les impuretés restaient dans la pâte, et on obtenait le pigment par des lavages et des décantations successifs. Les frais d'importation ajoutés au coût de ce procédé rendaient le bleu outremer fort onéreux – son prix dépassait celui de l'or. C'est pourquoi ce pigment était principalement réservé aux thèmes religieux, en particulier dans les enluminures au Moyen Âge, et parfois utilisé en peinture à partir du

XVI^e siècle, par des artistes tels Le Titien, Giotto ou Johannes Vermeer (voir la figure 2).

Le bleu outremer offre une couleur profonde et lumineuse, bien plus belle que celle des autres pigments bleus à la disposition des peintres jusqu'au XVIII^e siècle : l'azurite, pigment naturel constitué de carbonate basique de cuivre ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), le bleu de Prusse, colorant inorganique synthétique (ferrocyanure ferrique $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$) et le bleu de cobalt ($\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), qui fit l'objet d'un procédé de synthèse par le chimiste français Louis Thénard en 1802.

Pourquoi le bleu outremer est-il bleu ?

À partir de la seconde moitié du XVIII^e siècle, l'analyse chimique fait des progrès considérables. Plusieurs chimistes tentent alors de percer le secret du bleu outremer. En Allemagne, Andreas Marggraf en 1768 et Martin Klaproth en 1795 montrent ainsi l'absence

d'oxyde de cuivre dans le lapis-lazuli, mais la présence d'oxyde de fer, de carbonate de calcium, de sulfate de calcium, de silice, d'alumine et d'eau. Le chimiste français Louis-Bernard Guyton de Morveau suggère alors, en 1800, que la couleur est due au sulfure de fer. Il se fonde sur le fait que le lapis-lazuli contient du fer et du soufre et que, par ailleurs, son analyse d'un minerai rouge venant du Jura avait montré la présence d'oxyde de fer. Il en déduit que la couleur bleue ne peut pas être due à cet oxyde, mais à un autre com-



1. BLEU OUTREMER DE L'USINE GUIMET, en poudre et conditionné sous différentes formes.