The background of the entire cover is a close-up, high-contrast image of a zebra's stripes, showing the texture of the fur. The stripes are dark brown/black and light tan/white, curving across the frame.

Cyrille Barrette

Mystère

SANS MAGIE

Science, doute et vérité :
notre seul espoir pour l'avenir

ÉDITIONS
MULTIMONDES

Cyrille Barrette

Mystère

SANS MAGIE

Science, doute et vérité :
notre seul espoir pour l'avenir

Le mystère des rayures du zèbre



En couverture et ci-dessus – Zèbre de Grant (*Equus burchelli boehmi*), Kenya août 2005 (photos de l'auteur)

Le zèbre nous offre la beauté : il est « la Rolls-Royce des équidés » [91, p. 96]. Il nous offre tout autant le mystère de l'origine, de la fonction (écologique et sociale) et de la biologie du développement de son pelage fascinant. Certains sorciers, chamans ou guérisseurs pourraient aussi lire de l'occulte et de la magie dans la calligraphie de ses rayures uniques pour chaque individu. Le zèbre est un objet d'admiration et de questionnement inépuisables pour la science ; une bête incroyable, mais vraie !

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Barrette, Cyrille, 1945-

Mystère sans magie : science, doute et vérité : notre seul espoir pour l'avenir

Comprend des réf. bibliogr. et un index.

ISBN-13 : 978-2-89544-098-7

ISBN-10 : 2-89544-098-0

1. Sciences. 2. Vérité. 3. Croyance et doute. 4. Religion. I. Titre.

Q158.5.B37 2006

500

C2006-941301-0

Cyrille Barrette

Mystère

SANS MAGIE

Science, doute et vérité:
notre seul espoir pour l'avenir

ÉDITIONS
MULTIMONDES

Révision : Raymond Deland

© Éditions MultiMondes, 2006

ISBN-13 : 978-2-89544-098-7

ISBN-10 : 2-89544-098-0

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2006

ÉDITIONS MULTIMONDES

930, rue Pouliot

Québec (Québec) G1V 3N9

CANADA

Téléphone : 418 651-3885

Téléphone sans frais : 1 800 840-3029

Télécopie : 418 651-6822

Télécopie sans frais : 1 888 303-5931

multimondes@multim.com

<http://www.multim.com>

DISTRIBUTION AU CANADA

PROLOGUE INC.

1650, boul. Lionel-Bertrand

Boisbriand (Québec) J7H 1N7

CANADA

Téléphone : 450 434-0306

Tél. sans frais : 1 800 363-2864

Télécopie : 450 434-2627

Télec. sans frais : 1 800 361-8088

prologue@prologue.ca

<http://www.prologue.ca>

DISTRIBUTION EN FRANCE

LIBRAIRIE DU QUÉBEC

30, rue Gay-Lussac

75005 Paris

FRANCE

Téléphone : 01 43 54 49 02

Télécopie : 01 43 54 39 15

direction@librairieduquebec.fr

<http://www.librairieduquebec.fr>

DISTRIBUTION EN BELGIQUE

LIBRAIRIE FRANÇAISE

ET QUÉBÉCOISE

Avenue de Tervuren 139

B-1150 Bruxelles

BELGIQUE

Téléphone : +32 2 732.35.32

Télécopie : +32 2 732.42.74

info@vanderdiff.com

<http://www.vanderdiff.com/>

DISTRIBUTION EN SUISSE

SERVIDIS SA

chemin des chalets 7

CH-1279 Chavannes-de-Bogis

SUISSE

Téléphone : (021) 803 26 26

Télécopie : (021) 803 26 29

pgavillet@servidis.ch

<http://www.servidis.ch>

Les Éditions MultiMondes reconnaissent l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise du Programme d'aide au développement de l'industrie de l'édition (PADIÉ) pour leurs activités d'édition. Elles remercient la Société de développement des entreprises culturelles du Québec (SODEC) pour son aide à l'édition et à la promotion.

Gouvernement du Québec – Programme de crédit d'impôt pour l'édition de livres – gestion SODEC.



100 %



Imprimé avec de l'encre végétale sur du papier Rolland Enviro 100, contenant 100 % de fibres recyclées postconsommation, certifié Éco-Logo, procédé sans chlore et fabriqué à partir d'énergie biogaz. IMPRIMÉ AU CANADA/PRINTED IN CANADA

*À Félix, mon petit-fils d'un an.
Bienvenue dans le monde lumineux
de la raison, de la vérité et de la libre pensée.*

Table des matières

Remerciements	xi
Avant-propos	xv
Introduction	1
Chapitre 1 – La science et son entourage	3
Science, scientisme et limites de la science.....	3
La science et les scientifiques	10
Science et technologie.....	11
Science et spiritualité.....	16
La science est-elle distincte de la philosophie ?.....	21
Science et religion (encore)	24
Science et morale	32
Science et créationnisme	36
Science et agnosticisme	44
Chapitre 2 – Les visages de la science	49
La science et les sciences.....	49
Parasites de la science.....	53
Sciences pures, sciences dures	55
Science réductionniste.....	64
Chapitre 3 – Le défi de mesurer	71
Prendre ou créer des données ?	71
Pertinence, fiabilité, exactitude et précision.....	76
Précis ou exact ?	79
Validité interne, validité externe.....	86

Chapitre 4 – La dure quête de vérité	89
La vérité, particulièrement en science.....	89
Trois caractéristiques de la vérité en science	101
La science et le bon sens.....	108
Illusions cognitives	118
Chapitre 5 – La méthode et son usage	131
La méthode scientifique	131
Aspects philosophiques de la méthode	133
La méthode elle-même	140
D’abord les faits (encore) !	143
Trois outils et deux règles de conduite.....	155
Chapitre 6 – La méthode à l’œuvre	163
Le cas du paranormal.....	163
La science: un jeu d’enfant	166
Le sens des mots	169
Chapitre 7 – Observer et expliquer	175
Science avec ou sans faits	175
Induction et déduction.....	177
Observation et explication	180
Analyse causale	181
L’approche expérimentale	185
Chapitre 8 – Faire parler la nature	191
La science sans expérience	191
La méthode comparative.....	193
La réfutabilité	203
La réfutabilité et le désir de croire	206
Hypothèses, prédictions et postdictions	209
Choisir entre plusieurs hypothèses.....	212
Conclusion : la science et la sécurité du doute	217
Références.....	227
Index	241

Remerciements

Je veux d'abord remercier tous ceux et celles qui m'ont allumé et nourri au cours des 50 dernières années, depuis que j'ai l'âge de raison. Ils sont trop nombreux et ma mémoire est trop faible pour que je puisse les nommer. Je pense à un frère Mariste, professeur d'algèbre et de trigonométrie au secondaire, qui m'a enseigné la rigueur, le pouvoir et la beauté de la logique mathématique et le plaisir de la mission d'enseignant. Je revois aussi ces auditeurs attentifs qui, après une conférence ou un débat, se hasardaient à poser une question qui ébranlait mes certitudes du moment ou relançait ma réflexion sur une question dont je croyais avoir fait le tour. Je me souviens aussi de ces innombrables étudiants astreints à écouter mes cours depuis 1975. Ils ne savent sans doute pas que même leurs silences interrogateurs sèment des doutes salutaires qu'un professeur attentif et insécure entend comme des invitations à mieux comprendre pour mieux expliquer.

Enfin, dans cette vaste catégorie des influences anonymes, je ressens un certain vertige à imaginer la foule des auteurs qui m'ont influencé au point où je ne sais plus si les bonnes idées de ce livre, s'il en est, sont les miennes ou si je ne les ai pas toutes puisées dans mes souvenirs inconscients de lecture, dans ce que Jacqueline de Romilly appelle joliment et très justement « Le trésor des savoirs oubliés ». Je pense entre autres à Jean Rostand. Je pense tellement comme lui sur tellement de questions que ça ne peut pas être un hasard. Puisqu'il ne m'a jamais lu, la conclusion et la filiation sont évidentes. Si ce livre vous donnait seulement le goût de lire ou de relire Rostand, je ne l'aurais pas écrit pour rien.

Parmi les personnes que je veux nommer, je commence par une personne morale: l'Université Laval. Sans la tranquillité d'esprit et la disponibilité pour lire et penser que m'a permises l'année sabbatique qu'elle m'a octroyée en 2004-2005, je n'aurais certainement pas réussi à écrire la première version de ce livre. Longue vie à une société qui a les moyens et l'intelligence de se payer des choses inutiles et indispensables, comme des orchestres symphoniques, des musées, des écoles, des jardins zoologiques et des années sabbatiques.

J'ai demandé à quatre personnes de réviser mon manuscrit, elles ont toutes accepté et je les en remercie vivement. Jacques Bovet, Louis Dubé, Daniel Lavoie et Guy St-Michel ont démontré une grande générosité et ont grandement contribué à améliorer ce livre. Ils ne sont bien sûr responsables d'aucune des erreurs et d'aucun des manquements qui s'y trouvent. J'ai pris très au sérieux tous leurs commentaires, objections et corrections, même quand je n'ai pas pu en tenir compte. Ce livre leur doit beaucoup.

Je réserve un merci tout spécial à Henri Broch, créateur et responsable du laboratoire de zététique de l'Université de Nice-Sophia Antipolis. J'y ai fait un séjour de trois semaines très agréable et très profitable en mars 2005. J'ai aussi grandement profité des échanges avec les nombreux amants du doute et de la vérité qui ont animé le laboratoire de zététique durant mon trop court séjour. Je pense tout particulièrement à Richard Monvoisin de l'Université de Grenoble de même qu'à Fadel Niang de l'Université de Dakar. Merci à Henri Broch pour son accueil et sa disponibilité irréprochables, pour son écoute et son enseignement inspirant. Ce laboratoire m'a ouvert les yeux sur un univers de passionnés dont je connaissais à peine l'existence. Merci, au passage, à Jean Sérodes qui m'a mis sur la piste d'Henri Broch alors que je planifiais mon projet d'année sabbatique.

Merci à tous ceux et celles qui m'ont accueilli à l'Université de Grenoble (Richard Monvoisin, Christel Routaboule, Bernard Denis), à l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres à Caen (Yvon Bénard), à l'Union Rationaliste à Paris (Hélène Langevin-

Remerciements

Joliot et Bernadette Augrand), à l'hôpital Pitié Salpêtrière de Paris (Georges Chapouthier et Ludivine Sarlat), et à l'Association Française pour l'Information Scientifique à Paris (Jean-Paul Krivine). Tous ont enrichi ma réflexion à l'occasion d'une conférence, d'une réunion formelle ou de discussions informelles. Partout ils ont accueilli à bras et à esprit ouverts cet inconnu d'outre-Atlantique qui trimbalait le manuscrit d'un livre en gestation.

Merci à tous ceux qui, à l'occasion de discussions ou de conversations en apparence sur d'autres sujets, ne savent pas qu'ils m'ont donné des idées ou fait changer d'idée sur un mot, une phrase, une opinion que ma réflexion tangentielle rattachait au manuscrit qui ne quittait à peu près jamais mon esprit.

C'est avec une extrême reconnaissance et un grand plaisir que je remercie madame Raymonde Gosselin. Au cours des deux dernières années, des trois versions complètes et des nombreuses versions partielles, elle a transformé mon manuscrit brouillon, littéralement écrit à la main comme dans l'Antiquité, en un produit de traitement de texte moderne. Je reste avec le double mystère de sa capacité de travailler si vite et si bien tout en ne manifestant jamais la moindre impatience face à mes innombrables demandes de corrections et d'ajouts. Une véritable artisane au sens noble du terme, pour qui « cent fois remettre sur le métier son ouvrage » est une seconde nature.

Enfin, je devrais dire d'abord et avant tout, merci à Jean-Marc Gagnon et Lise Morin des Éditions MultiMondes. D'autres artisans passionnés par leur métier. Merci pour la confiance et pour le travail bien fait. Chez MultiMondes, on sait créer, entre l'auteur et l'éditeur, une belle symbiose qui donne envie de revenir.

Au-delà et en dehors de tout l'entourage qui m'a permis d'écrire ce livre, merci à Louise, la grand-mère de Félix. Merci, pour ses critiques et ses questions toujours pertinentes. Son jugement m'a évité plusieurs imprécisions et plusieurs excès de langage. Ma motivation à terminer ce livre lui doit beaucoup.

Avant-propos

*Il n'est pas bon que l'écrivain joue au savant
ni le savant à l'écrivain ; mais il n'est pas interdit
à l'écrivain de savoir, ni au savant d'écrire.*

Jean Rostand

La science est pour tout le monde. Cette conviction est la source de ma motivation pour écrire ce livre. Je me pose des questions à caractère scientifique depuis l'âge de 10 ans et je pratique le métier de scientifique depuis 40 ans. Il me semble qu'il est temps de tenter, après tant d'années à baigner dans l'esprit et dans la pratique scientifiques, de dire ce que j'en pense dans l'espoir que quelques lecteurs y trouvent quelque lumière.

« La science est pour tout le monde », dans le sens qu'elle devrait être au service du bonheur et de la qualité de la vie de tous les humains, mais aussi dans le sens que tout le monde peut comprendre l'essence de la pensée scientifique et peut s'en servir dans sa vie quotidienne. La science appartient à toute l'humanité, c'est peut-être la plus grande et la plus précieuse invention de l'esprit humain. Nous en avons de plus en plus besoin, à mesure que les problèmes auxquels nous faisons face sont plus nombreux, graves, pressants et complexes. J'ai écrit ce livre parce que, comme d'autres, je suis profondément convaincu que tout en étant une des rares « valeurs sûres » de nos sociétés actuelles, la science, pour notre plus grand péril, « reste méconnue dans ce qu'elle a de plus intime au niveau méthodologique » [11]¹. Il me

1. Tous les chiffres entre crochets [] renvoient aux références à la fin de ce livre.

semble que de moins en moins de citoyens savent et apprécient ce qu'est la science, alors même qu'elle prend de plus en plus de place dans nos vies et qu'elle est de plus en plus vitale à notre survie. C'est un paradoxe dont il est urgent de sortir.

J'ai écrit un livre que j'aurais pu comprendre et que j'aurais été heureux de lire il y a 40 ans. Plusieurs écrivent de nombreuses choses compliquées au sujet de la science. Il m'est arrivé à plusieurs reprises de ne pas comprendre ce que je lisais à son sujet. J'en concluais alors, à tort ou à raison, que ces auteurs compliquaient inutilement, peut-être même volontairement, un sujet qu'ils ne connaissaient pas suffisamment pour en parler clairement. Ces auteurs, que je m'acharnais en vain à essayer de comprendre, étaient soit des philosophes, soit des sociologues ; ils étaient rarement des scientifiques professionnels. Ces derniers se contentent le plus souvent de faire de la science plutôt que de tenter d'analyser le métier qu'ils pratiquent. Étant un scientifique de métier, je crois avoir le droit et j'ai certainement le goût, de tenter de démystifier et de démythifier la science.

J'offre ce livre à ceux qui ne liront ni Kuhn, ni Popper, ni Bachelard, ni Russell, ni les autres philosophes professionnels qui ont tenté de nous expliquer ce qu'est la science. Ainsi, je crois que très peu de gens vont acheter et lire le magnifique *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* publié sous

*Combien de gens
se font abstraits pour
paraître profonds.*

Joseph Joubert

la direction de Dominique Lecourt en 1999 aux Presses Universitaires de France [86]. La plupart des articles de ce livre sont limpides et éclairants, même pour un philosophe profane et amateur comme moi. On y trouve tout de même quelques taches

sombres, incompréhensibles sauf pour leur auteur peut-être. En voici un exemple (p. 639) qui fait apprécier la limpidité du reste de ce dictionnaire : « Popper refuse aussi le probabilisme à la Reichenbach. En effet, si l'argument en faveur du probabilisme repose sur l'inégalité exprimée par : $p(h/eb) > p(h/b)$, mais que, par ailleurs, $p(h/eb) = df [p(h)p(eb)] (p(eb))$, on comprend que, bien que $p(h/eb) > p(h/b)$ capture une intuition forte, la

probabilité absolue $p(h)$ (ou, si l'on préfère, pour des raisons techniques, $p(h/T)$ où T est la tautologie) ne pourra jamais être inférieure à la probabilité relative $p(h/eb)$. »

Je ne doute pas de la valeur et de la logique de cet énoncé, mais j'ai écrit ce livre pour tous ceux qui s'intéressent à la philosophie des sciences et qui ne comprennent pas cette citation. Je ne la comprends pas non plus, même remise dans son contexte. La philosophie des sciences cherche simplement à répondre à la question : Comment savoir si ce qu'on croit savoir est vrai ? [107]. Je pense que, tout comme la science, la philosophie des sciences est pour tout le monde. Ce livre est ma modeste contribution à rendre la pensée scientifique et la pensée sur la pensée scientifique accessibles à tous.

De nombreux aspects importants de notre vie dépendent de plus en plus de technologies qui découlent de la science. C'est particulièrement vrai dans les domaines de l'énergie, des transports, des communications (Internet, téléphones portables), de l'alimentation (vache folle, OGM), de la santé (greffes d'organes, SIDA, médicaments à risque, bactéries résistantes aux antibiotiques), de la mort (euthanasie, acharnement thérapeutique), de la reproduction (clonage, reproduction assistée, contraception, viagra) et de l'environnement (pollution, surexploitation de la mer et des forêts, épuisement de l'eau douce, réchauffement de la planète). Pour arriver à se faire un jugement éclairé sur les nombreux enjeux soulevés tous les jours dans les médias sur ces questions, il faut savoir ce qu'est la science. C'est l'objectif de ce livre : **dire la vérité sur la nature de la science.**

De nos jours, plus de gens connaissent l'astrologie que l'astronomie, croient davantage aux phénomènes paranormaux qu'aux vérités scientifiques et connaissent plus de vedettes de la télévision que de chercheurs dont les idées et les découvertes influencent leur vie, parfois profondément. En soi, tout ça ne pose aucun problème. Cependant, comme l'a dit Jean Rostand : « ... ce qui est grave ce n'est pas que tant de gens croient au paranormal, c'est qu'ils jugent de choses sérieuses avec des têtes qui croient au paranormal ». J'espère que ce livre aidera quiconque le désire

à se former une tête qui connaît mieux la science pour ensuite mieux juger des choses sérieuses qui, de plus en plus et de plus en plus vite, bouleversent nos vies.

Parmi tous les auteurs qui m'ont influencé, je veux en citer un seul ici : Peter Medawar. Ce scientifique professionnel (prix Nobel de médecine en 1960), m'a donné le goût de la philosophie des sciences. Il a publié quatre petits livres que j'ai lus pour la première fois il y a 20 ans et que j'ai relus avec autant de plaisir et de profit au cours de la dernière année (*The art of the soluble*, 1967 ; *Induction and intuition in scientific thought*, 1969 ; *Advice to a young scientist*, 1979 ; *The limits of science*, 1984). Ils ont entre 60 et 150 pages : quatre joyaux brillants et fertiles. Si mon livre brille à certains endroits, c'est que j'ai réussi à faire une pâle imitation de Medawar. Lisez le mien en premier, il souffrira moins de la comparaison avec Medawar.

Ici, Medawar n'est qu'un exemple parmi les meilleurs. Au moment de déposer mon manuscrit chez l'éditeur j'étais troublé par tout ce que je n'y avais pas dit, par tout ce qui me semblait très important et que d'autres auteurs avaient eu l'intelligence de dire et beaucoup mieux que je n'aurais pu le faire. On trouve quelques exemples de ces paroles percutantes que j'admire et qui m'inspirent dans les citations que j'ai glanées au gré de mes lectures et que j'ai semées tout au long du livre. Les auteurs de ces perles sont des alliés que je recrute à ma cause pour signifier que plusieurs partagent certaines de mes vues. Avec eux je suis en excellente compagnie. J'espère ne pas trop ternir leur éclat par cette association que je leur impose.

Introduction

*Les livres les plus utiles sont ceux dont les lecteurs font eux-mêmes
la moitié; ils étendent les pensées dont on leur présente le germe;
ils corrigent ce qui leur semble défectueux,
et fortifient par leur réflexion ce qui leur paraît faible.*

Voltaire

La science n'est ni une idéologie, ni une doctrine, ni une religion, ni une politique, ni une industrie, ce n'est qu'une méthode. Elle est une façon d'agir mais, avant tout, une façon de penser. L'objectif de cette méthode est de connaître et de comprendre le monde. Elle a fait ses preuves. C'est grâce à elle que l'on sait que le Soleil est une étoile, que sa chaleur provient de la fusion d'atomes d'hydrogène, que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil, que le cœur est une pompe qui fait circuler le sang dans notre corps, que notre corps est constitué de cellules, qu'un enfant se développe à partir d'une seule cellule, que la matière est faite d'atomes, que l'atome comporte un noyau constitué à son tour de protons et de neutrons, que le SIDA est produit par un virus.

On pourrait continuer ainsi très longtemps la liste de ce que l'on connaît et de ce que l'on comprend aujourd'hui grâce à la science mais que l'on ne connaissait pas il y a 10, 100 ou 1 000 ans et que ni la religion, ni l'art, ni la poésie, ni la littérature, ni la politique, ni la philosophie n'auraient pu nous enseigner. On pourrait de même dresser, sous forme de questions, une longue liste de ce que la science espère découvrir dans le futur. Ces questions innombrables gardent allumés des millions d'esprits scientifiques sur la planète.

Je ne veux absolument pas dénigrer l'art, la littérature, la foi, la musique ou la philosophie ; je ne veux que louer la science. Une vie humaine riche et pleine ne peut pas se suffire de la science. Je revendique le droit de louer la science sans dénigrer toutes les autres expériences humaines. Je déteste cette mauvaise habitude d'exclusivité, comme si on ne pouvait pas aimer à la fois, et pour des raisons diverses, une mère, une sœur, une épouse et une fille. Ma vie est-elle plus riche grâce à la science, grâce à l'amour ou grâce à la musique ? Je ne vois ni l'utilité, ni la justification de classer ainsi ce qui compose ma vie. Je réclame donc le droit de dire tout le bien que je pense de la science sans être entraîné dans de vains débats pour accorder la médaille d'or à la science, à la foi, à l'amour, à la musique ou à l'art dans une compétition vide de sens.

Je désire définir ce qu'est la science de façon à ce que quiconque puisse la reconnaître, l'apprécier, la critiquer et l'utiliser. Je vais la définir de deux façons. D'abord par la négative : je dirai ce que la science n'est pas. Pour ce faire, je la comparerai à d'autres entreprises humaines comme la philosophie et la religion. Cette définition par la négative me permettra de dessiner les contours de la science, comme on pourrait le faire pour une province ou un pays. C'est une façon claire, forte et utile de dire : ici c'est la science, là ce n'est pas la science. Puis, je décrirai ce que l'on trouve à l'intérieur de ces frontières. Ce sera une définition des caractéristiques et de la nature de la science. La première sorte de définition nous dit : la science, c'est ici, la deuxième nous dit : la science, c'est ceci.

Je vous préviens que je n'ai que du bien à dire de la science. Mais la science n'est ni le scientisme, ni la technologie, ni les scientifiques. Toutes les attaques que j'ai lues ou entendues au cours des années – et aucune ne me laisse indifférent – se trompaient de cible. Elles visaient, probablement sans le savoir, les scientifiques, le scientisme ou la technologie, mais elles tiraient sur la science. J'ai beau être attentif à toutes les attaques que j'entends, je n'en vois aucune que la science mérite.

CHAPITRE 1

La science et son entourage

[...] *ce qui compte dans la science – plus que ses résultats –
c'est sa méthode, son esprit.*

Henri Broch

SCIENCE, SCIENTISME ET LIMITES DE LA SCIENCE

Le scientisme est une doctrine (comme tous les -ismes, du communisme à l'écologisme) qui prête à la science des pouvoirs et des intentions qu'elle n'a pas. Le scientisme, dans un excès d'optimisme et dans l'espoir enfantin de voir un jour disparaître tous les problèmes de l'humanité, affirme que la science trouvera un jour ou l'autre réponse à toutes nos questions et éclaircira tous les mystères. Le scientisme affirme également que cette connaissance parfaite de tout suffira à « satisfaire toutes les aspirations humaines » (*Larousse*). La science selon cette doctrine serait la clé du bonheur de l'humanité et la seule activité intellectuelle digne d'intérêt et de confiance. Tout le reste serait primitif et enfantin. Seule la science serait capable de répondre à toutes les questions, y compris les questions philosophiques. Le scientisme est une doctrine agressive qui fait de la science une sorte de religion.

La science et les vrais scientifiques sont beaucoup plus modestes et humbles que cela. La science n'a pas du tout la prétention de répondre à tout et de dominer tous les secteurs de la vie intellectuelle de l'humanité. Contrairement au scientisme, la science n'est pas sectaire. Elle est un éternel questionnement,

un inlassable doute, une constante recherche d'explications meilleures. Les religions sont sectaires et chacune affirme ouvertement sa certitude de détenir La Vérité absolue et éternelle. Les vérités recherchées et révélées par la science sont toujours partielles et provisoires. Même les plus solides et les plus durables d'entre elles n'ont jamais la prétention, la certitude, l'arrogance des dogmes. Seuls les scientifiques prètent de telles prétentions à la science. Le scientisme récupère la science au profit d'une tentative de domination de la pensée. Il est une forme d'intégrisme qu'il faut condamner. Mais attention de ne pas tuer la science en visant le scientisme. Ce serait comme confondre l'Islam et le terrorisme. Si on attaque et discrédite la science, on encourage les retours à l'irrationnel et aux superstitions du Moyen Âge.

Le scientisme entraîne la science, à son corps défendant, sur des terrains qui ne sont pas les siens. La science a en effet des limites, qui ne sont pas imposées par une quelconque autorité mais par sa nature propre. La science ne peut rien dire sur les questions de sens ultime et de morale, des questions comme pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien ? Pourquoi existons-nous ? Comment tout ça a-t-il commencé ? Pourquoi tout a-t-il commencé à ce moment-là au lieu de plus tôt ou plus tard ? Des questions d'enfant qui sont tout aussi naïves que fondamentales.

La science refuse de répondre à ces questions, non parce qu'elle en a peur, non parce qu'elles lui sont interdites par un code de déontologie professionnelle, non plus parce qu'elle n'est pas encore assez avancée, mais simplement parce qu'elles sont en dehors de son champ de compétence. La science n'a aucun moyen, aucune méthode qui lui permettrait de répondre à de telles questions ; le scientisme prétend qu'elle le peut. C'est une doctrine détestable qui kidnappe et détourne la science, qui en déforme la nature et la mission et lui donne une mauvaise réputation non méritée. Le scientisme prétend que la science n'a pas de limites. C'est une opinion naïve et ignorante de la véritable nature de la science. Aucune expérience, aucune mesure, aucune observation ne permettrait de répondre à des questions comme

pourquoi existons-nous, y a-t-il une vie après la mort, le viol est-il moralement mauvais ? Ces questions appartiennent à la philosophie, à la religion et à la morale [100].

Prenons le cas de l'avortement. Aujourd'hui, la biologie du développement, une science vigoureuse en pleine évolution, peut répondre à de nombreuses questions sur le développement de l'embryon et du fœtus, de la fusion du spermatozoïde avec l'ovule jusqu'à la naissance. On peut décrire dans le détail les étapes du développement de chaque organe (le cœur, le cerveau, le squelette) et de l'ensemble du corps. Quelle partie du cœur commence à battre en premier, à quel âge, quelles parties du cerveau commencent à fonctionner à 12 semaines de grossesse, à quel âge le fœtus peut-il vraisemblablement ressentir du plaisir, de la douleur ? Pourquoi cet enfant est-il né avec trois chromosomes 21 au lieu de 2, etc. ? Toutes ces questions appartiennent à la science et le scientifique y répondra avec plaisir aussitôt qu'il le pourra, s'il ne l'a pas déjà fait.

Cependant, à quel âge le fœtus acquiert-il une âme ou des droits ? Jusqu'à quel âge l'avortement volontaire est-il moralement acceptable, si l'embryon a des droits dès la fécondation, chaque spermatozoïde en a-t-il ? Le scientifique sait que rien de ce qu'il pourrait mesurer, aujourd'hui ou à l'avenir, ne pourrait lui permettre de répondre à ces questions. C'est pour cette raison qu'il les laisse à la religion, à la morale, à la justice, à l'opinion démocratique des citoyens ou personnelle des individus. Le scientifique kidnappe la science et veut la forcer à faire comme si elle pouvait répondre à ces questions et justifier ces réponses au nom de la science. Il faut dénoncer cette imposture et affirmer haut et fort que la science n'y est pour rien. Il est clair que sur les questions morales comme l'avortement ou l'euthanasie, il revient à chaque personne de décider, librement dans le meilleur des cas, en son âme et conscience comme le dit l'expression consacrée. Le rôle de la science ici est de fournir une description fidèle de la réalité pour aider à prendre des décisions en connaissance de cause.

Prenons un autre exemple tout aussi délicat et brûlant : le viol. Les études de la biologie du comportement animal des 50 dernières années nous ont permis de connaître et de comprendre le comment et le pourquoi des comportements sociaux des animaux, y compris leurs comportements sexuels [4, 8, 159]. On a ainsi découvert que le viol (des copulations où la femelle résiste et le mâle persiste avec agressivité) existe chez de nombreuses espèces, notamment chez des canards et que ces copulations forcées pouvaient être à l'avantage des violeurs [78, 149]. En effet, pour chaque copulation réussie, qu'elle soit forcée ou non, un mâle peut améliorer son succès reproducteur. Or, dans le monde vivant, le succès se mesure ultimement par la reproduction et rien d'autre ; l'individu qui vit vieux et meurt en santé mais sans laisser de progéniture a vécu pour rien.

Ce n'est bien sûr pas le cas de l'humain. La nature humaine consiste justement à s'être, dans une large mesure, affranchie des impératifs darwiniens (l'égoïsme, la dominance, la reproduction, par exemple) qui conditionnent toute la vie de toutes les autres espèces. Un humain peut très bien réussir sa vie sans se reproduire. La nature humaine consiste justement à vivre malgré notre nature animale. Nous devons vivre avec, mais nous pouvons ne pas en être esclaves.

Nous sommes néanmoins encore porteurs de tous les programmes génétiques hérités de nos ancêtres, ce qui explique notre appétit pour le sexe, même s'il ne mène que très rarement à la reproduction. Quel beau terrain pour le scientisme ! Constatant que le viol existe chez d'autres espèces et qu'il peut être avantageux pour le violeur, le scientifique conclura que le viol est naturel, donc biologiquement justifié, donc moralement acceptable. On pourrait soutenir le même argument pour l'inégalité des sexes, le racisme, la xénophobie, la compétition, la loi du plus fort, etc.

Ce faisant, le scientifique entraîne la science (dans ce cas-ci la sociobiologie : l'explication biologique des comportements sociaux) sur le terrain de la morale et des droits de la personne. Il commet ce que les philosophes anglophones appellent la

« naturalistic fallacy », l'erreur qui consiste à passer de ce qui « est » (le viol existe et peut être avantageux pour le violeur) à ce qui « devrait être » (le viol est naturel, donc moralement acceptable). Il s'agit là d'un jugement de valeur qui ne trouve aucune justification dans la science en question (la sociobiologie). Cette dernière a incidemment tellement été détournée au profit de diverses idéologies sociales et politiques dans les années 1970 et 1980 [131, 150], que plus personne ne veut porter cette étiquette de nos jours. Plus personne ne veut dire publiquement qu'il fait de la sociobiologie. De nombreux chercheurs font de l'écologie comportementale ou, dans le cas de l'humain, de la psychologie évolutive. Mais c'est encore la même chose : une utilisation de la pensée darwinienne pour comprendre les comportements. Autant je suis convaincu que le darwinisme est excellent pour expliquer l'origine et la nature de nos comportements, autant je pense que pour être un humain civilisé, il faut s'affranchir de ces « instincts » qui ont si bien servi nos ancêtres. La sélection naturelle, une théorie scientifique, est excellente pour expliquer la nature et la raison d'être de nos adaptations animales, mais elle ne peut en aucune façon servir à justifier une morale, une politique ou une loi. Ce que les juristes appellent la loi naturelle n'a rien à voir avec la science darwinienne qui explique la nature. « Obéir à la nature ne saurait constituer une éthique ou un fondement de la morale. » [101]

Il faut donc combattre le scientisme, surtout ne pas le confondre avec la science. La science n'est que la victime de son succès. Tous veulent s'en servir, même là où elle est totalement impuissante, et la faire mentir sur ce qu'elle peut accomplir. Le scientisme est une attitude arrogante diamétralement opposée à l'humilité et au réalisme qu'exige la science. C'est aussi une forme d'espoir mal placé qu'il faut décourager puisqu'il demande à la science d'accomplir des prouesses hors de sa portée, hors des limites de son terrain légitime et de ses capacités.

La science est limitée pour une autre raison évidente : les limites inhérentes de notre cerveau. Notre cerveau a été construit à partir de celui du dernier ancêtre que nous avons en commun avec les

*Le cerveau humain :
monstrueuse tumeur
de l'univers ; où, telles
des cellules malignes,
prolifèrent sans frein les
questions et les angoisses.*

Jean Rostand

chimpanzés. Cette évolution s'est déroulée au cours des quelque 5 à 8 derniers millions d'années, depuis le début de la divergence de notre branche de celle des chimpanzés. Au cours de cette période, le cerveau est passé d'environ 400 à environ 1400 centimètres cubes. Ce cerveau a été construit pour solutionner les problèmes écologiques et sociaux de survie et de reproduction d'un gros singe de savane tropicale. Or, c'est avec ce cerveau conçu pour vivre dans les conditions écologiques de l'Afrique des derniers millions d'années que ce grand primate tente aujourd'hui de comprendre l'univers et de répondre aux questions existentielles qu'il se pose.

Notre cerveau n'a pas été conçu pour répondre à de telles questions. Mais c'est un organe incroyablement adaptable. Ainsi, il a été façonné entièrement avant l'invention de l'écriture (et de la lecture) qui remonte à peine à 5000 ans. Notre espèce a donc connu 95% de son histoire avant l'invention de l'écriture. Nous n'avons donc acquis aucune capacité cérébrale consacrée spécifiquement à la lecture. Malgré cela, nous arrivons très bien à lire avec ce cerveau conçu pour autre chose. Nous pouvons même l'entraîner à réaliser des prouesses pour lesquelles la sélection naturelle ne l'a pas conçu. Pensons par exemple aux musiciens virtuoses ou aux calculateurs prodiges capables, comme Alexis Lemaire, de calculer la racine treizième d'un nombre de cent chiffres qu'il voit pour la première fois, en trois secondes et demie, c'est-à-dire plus vite qu'une calculatrice [171].

Notre cerveau peut donc très bien nous surprendre et performer à un très haut niveau d'excellence dans un domaine inattendu. Mais il n'est pas sans limites. Nous sommes ainsi incapables de concevoir l'infini, nous sommes capables de lui donner un nom et une place dans nos équations, mais ni Einstein ni un enfant ne peuvent concevoir un univers qui n'a pas de limites. Pas plus que l'on peut concevoir un univers qui a une limite. Devant une telle proposition on demande tout de suite : mais qu'y a-t-il juste de l'autre côté de cette limite ? De même pour le temps. On ne peut pas concevoir un début de l'univers,

ni un univers sans commencement. On peut en parler, on peut le calculer, on peut formuler une théorie du début, comme celle du Big Bang qui correspond très bien à ce qu'on connaît de l'univers [71], mais ça ne veut rien dire pour notre cerveau, c'est inconcevable. De même, il nous semble impossible de changer le passé. Est-ce parce que le passé ne peut véritablement pas être changé ou est-ce seulement notre cerveau qui est incapable de le concevoir ? On se cogne ici aux limites de notre raison. On peut les franchir par l'imaginaire et la fiction mais, sur ces terrains, on ne trouve pas une compréhension rationnelle ; on ne trouve que des fantaisies.

Les capacités de notre cerveau étant limitées, la science, produit de notre cerveau, a donc des limites. C'est difficile de les reconnaître et de les tracer exactement puisque c'est justement avec notre cerveau limité que nous les contemplons. Il faut accepter ces limites et s'en accommoder. D'ailleurs, nous nous en accommodons semble-t-il très bien : c'est incroyable comment nous pouvons bien comprendre la nature, l'univers avec cet outil limité. De plus, je suis fasciné par le fait que ce cerveau soit capable de poser des questions auxquelles il ne peut pas répondre : rien de mieux pour nous garder allumés et humbles pour toujours.

La science a donc des limites qu'il faut reconnaître et souligner [22, 100, 141]. Mais affirmer que la science est limitée ne la diminue en rien. C'est simplement dire la vérité à son sujet. La science n'est ni parfaite, ni sans limites, ni la source de tous les espoirs de l'humanité. Son rôle et sa niche sont beaucoup plus modestes. Elle vise seulement à expliquer la nature, sans faire appel à la magie, au miracle et au surnaturel. Pour ce faire, elle est imparfaite, mais imbattable ; « ... ce que la science ne peut pas découvrir, l'humanité ne peut pas le savoir » [135].

*Le plus mystérieux
dans l'univers, c'est qu'il
soit compréhensible.*

Albert Einstein

Comme l'affirme très justement l'AFIS (l'Association Française pour l'Information Scientifique) : « La science ne peut résoudre à elle seule les problèmes qui se posent à l'humanité, mais on ne peut les résoudre sans faire appel à la méthode scientifique. » [3]

LA SCIENCE ET LES SCIENTIFIQUES

L'homme de Piltown a « [...] contribué à dissiper l'illusion d'une science désincarnée, exercée par de purs esprits dans un monde idéal ».

Michel de Pracontal

Il ne faut pas non plus confondre la science et les scientifiques. Ces derniers sont des humains comme tout le monde, produits d'une culture, d'une histoire individuelle et d'une époque et porteurs des mêmes qualités et des mêmes défauts que leurs concitoyens, à peu près dans les mêmes proportions. La science a pour but de chercher la vérité au sujet du monde, le scientifique aussi, mais ce dernier n'est pas une machine. Il fait de la science aussi par passion, pour gagner sa vie, pour tenter d'aider l'humanité ou pour chercher gloire et fortune ou pour toutes ces raisons en même temps. Il n'y a rien là de surprenant, sauf pour ceux qui imaginent que les scientifiques constituent une race à part, plus honnête, plus altruiste, plus intelligente que le reste de l'humanité. Merci du compliment, mais c'est un mythe.

Heureusement le mythe inverse, celui du savant fou des films de fiction, créateur de monstres ou destructeur de la planète, est tout aussi farfelu. Le scientifique est un citoyen comme tout le monde qui tente de faire son métier le mieux possible. Chaque fois que l'on rapporte des histoires d'horreur concernant des expériences qui tournent mal, des erreurs, des fraudes scientifiques (des chercheurs qui truquent leurs résultats), des manquements à l'éthique dans le traitement des animaux de laboratoire, des déversements de produits toxiques, des accidents nucléaires, des médicaments aux effets secondaires dévastateurs, ce n'est jamais la science qui est en cause. Dans tous les cas, ce sont des scientifiques qui ont été trop confiants, téméraires, cupides, négligents ou stupides. Toutes les flèches décochées vers la science par le public, les médias, les politiciens ou les religieux se trompent de cible.

La science étant de plus en plus sophistiquée, la recherche coûte donc de plus en plus cher et les fonds nécessaires pour la réaliser ne tombent pas du ciel. Les scientifiques deviennent

souvent par la force des choses des gérants d'entreprise, avec tout ce que cela implique de répréhensible dans les comportements de commerçants engagés dans la compétition pour la reconnaissance, le profit et les ressources. Mais en dépit de ces réalités commerciales, le même scientifique peut très bien accomplir la meilleure des recherches. Ici encore, il ne faut pas confondre la science avec les difficultés et les comportements économiques des scientifiques. Il importe de distinguer la science de la pratique de la science. Dans sa pratique au quotidien, la science implique inévitablement de nombreuses dimensions sociales, culturelles, éthiques, économiques et politiques comme toute activité de son importance et de son envergure.

SCIENCE ET TECHNOLOGIE

En plus d'éviter les confusions néfastes avec le scientisme et les scientifiques, pour comprendre la science, il ne faut pas la confondre avec la technologie. Ce serait comme confondre la gastronomie avec la chimie des aliments. La science produit des idées ; la technologie produit des objets utilitaires [161]. Pour pratiquer une technologie adéquate ou même hautement performante, il suffit d'une connaissance instinctive, sensorielle, animale du monde qui nous entoure et d'un besoin qui requiert une solution technologique. Un barrage de castor, un nid d'oiseau, une termitière en sont des exemples spectaculaires. Il s'agit bien là de constructions réalisées avec des matériaux choisis pour leurs propriétés, assemblés d'une façon très particulière pour remplir une ou plusieurs fonctions déterminées. On observe dans ces cas des réalisations technologiques remarquables, mais ne résultant pas de la science. Les termites n'ont pas besoin de connaître et de comprendre ce qu'elles font pour construire des nids solides, durables et climatisés ; pas plus qu'une plante n'a besoin de connaître et de comprendre la biochimie pour faire de la photosynthèse, une biotechnologie naturelle remarquable.

On confond facilement science et technologie entre autres parce que, de nos jours, la technologie découle de la science et la technologie à son tour contribue aux avancées de la science. La technologie d'aujourd'hui est trop sophistiquée pour être inventée

par un simple bricoleur imaginatif. On n'aurait jamais pu inventer le téflon sans connaître la chimie des polymères, les OGM sans connaître l'ADN et la génétique, les lasers, l'énergie nucléaire ou les avions supersoniques sans une connaissance scientifique de la physique. Boris Vian était plus poétique que réaliste quand il chantait : « Mon oncle, un fameux bricoleur, faisait en amateur des bombes atomiques. Sans avoir jamais rien appris, c'était un vrai génie, question d'ouvrages pratiques. »

La technologie d'aujourd'hui est de la haute technologie qui exige une compréhension scientifique fondamentale des matériaux et des processus physiques et chimiques. Mais cette situation est relativement nouvelle. Avant 1800, la technologie humaine était essentiellement du même ordre que celle des castors et des termites, c'est-à-dire fondée sur « l'instinct », sur l'essai et l'erreur, l'intuition, l'inventivité, la nécessité de solutionner un problème ou de combler un besoin. C'est ainsi qu'ont été inventés les outils de pierre et d'os de nos ancêtres lointains, la roue, le plan incliné, le levier, la domestication des animaux, l'extraction et le travail des métaux, les médecines traditionnelles, etc. La technologie s'est développée longtemps avant la science [161].

La science concerne la compréhension et le savoir alors que la technologie concerne les applications, le savoir-faire. Il ne faut pas les confondre si on veut comprendre la nature de la science. C'est pourtant ce que l'on fait presque toujours. Les revues de vulgarisation scientifique ou les émissions télévisées consacrées à la science ne parlent presque jamais de la science. Plusieurs organismes d'animation scientifique auprès des jeunes font une œuvre éducative remarquable, mais ils ne parlent presque jamais de la science. Les ministères ou organismes à vocation scientifique et technologique ne parlent que de technologies, de transferts technologiques, d'innovations technologiques, mais presque jamais de science. On ne réfère le plus souvent à la science que par association mentale avec la technologie, sans jamais parler de la science elle-même. Comme si on ne parlait que de l'architecture des églises et des mosquées sans jamais parler de la foi ou de la religion qui les motivent et les animent.

On peut très bien faire preuve d'un savoir-faire technique absolument irréprochable sans avoir la moindre notion de science. C'est le cas de nombreux médecins ou ingénieurs. Et ça ne pose aucun problème. Quand on consulte un médecin ou qu'on confie la construction d'un pont à un ingénieur, c'est son savoir-faire que l'on recherche. Tant mieux si en plus le médecin connaît et comprend la théorie, les méthodes expérimentales, les limites et les lacunes des études sur lesquelles s'appuient son évaluation de notre état et ses décisions de traitement. Mais ce n'est pas nécessaire. L'expérience, les connaissances empiriques, l'utilisation de ses sens et du bon sens suffisent pour qu'il pose le bon diagnostic et prescrive le meilleur traitement disponible selon son jugement. C'est tout ce qu'on attend de lui et la plupart des médecins le font très bien. Mais ne lui demandez pas comment les chercheurs savent ce qu'ils pensent savoir au sujet de votre maladie et du traitement prescrit. Les méthodes qu'ils ont utilisées sont-elles fiables ? Quelles en sont les faiblesses ? Quelles expériences supplémentaires seraient requises pour les améliorer ? Ou plutôt faites l'expérience de poser à votre médecin des questions « pourquoi » sur son diagnostic ou ses prescriptions. Vous risquez fort de n'avoir aucune réponse satisfaisante. Et ce n'est pas nécessairement inquiétant. Le médecin est un ingénieur du corps humain. On ne lui demande pas de savoir mais de savoir faire. On ne lui demande pas d'avoir un esprit scientifique, mais un esprit pratique. L'ingénieur de son côté peut très bien croire au voyage astral, à la lévitation ou aux anges, pourvu que son pont ne s'écroule pas. Tant mieux si le médecin et l'ingénieur ont un esprit scientifique rigoureux et vigoureux, mais leur compétence pratique n'en dépend pas absolument.

Par association avec la technologie, on distingue aussi science pure et science appliquée. Par science pure, ou science fondamentale, on veut simplement désigner la science, une méthode qui cherche et qui trouve des vérités concernant le monde. Science appliquée est une expression légèrement trompeuse puisqu'on n'y pratique pas de science, mais seulement des technologies. Les sciences appliquées, qui sont plutôt des applications des

connaissances scientifiques, sont représentées par les « génies », traduction de « engineering », comme dans génie forestier, génie électrique, génie civil, génie génétique, etc. Les ingénieurs forestiers ou les ingénieurs civils sont des experts capables de traduire les connaissances scientifiques de leur domaine respectif en applications concrètes, que ce soit l'exploitation durable d'une forêt ou un pont qui tient la route. Mais ils ne font pas de la science, ils ne cherchent pas des vérités au sujet du monde, ils veulent traduire des vérités en objets utilitaires. Pour ce faire, ils ont besoin de connaissances empiriques davantage que de connaissances théoriques. On peut très bien se servir d'appareils électroniques sans connaître les théories d'électromagnétisme.

La science est absente également du genre littéraire que l'on appelle science-fiction. L'expression elle-même est un oxymore : la science est tout le contraire de la fiction, elle ne peut se permettre aucune des libertés de la fiction, elle est enchaînée à la réalité des faits observables. Je ne suis ni spécialiste ni friand de science-fiction, mais ce que j'en connais ne contient pas de science. Il s'agit plutôt de technologie-fiction. Que ce soit *Star Trek* ou *Le Parc Jurassique*, les auteurs se contentent, souvent fort habilement, d'extrapoler la réalité actuelle (on imagine des avions voyageant à 100 fois la vitesse de la lumière, ou des humains au cerveau deux fois plus gros) ou de spéculer sur ce qui arriverait si telle ou telle réalité physique (la gravité, le déroulement du temps, la mort) n'existait plus ou pouvait être violée. C'est de la pure fiction, tout à fait semblable au travail des peintres surréalistes, sans véritable respect pour la réalité et pour les règles de pensée de la science.

Les pires réputations de la science proviennent peut-être d'une confusion entre la science et les effets pervers de certaines technologies. La science n'est jamais à blâmer quand certaines technologies qui en découlent produisent des effets néfastes, le plus souvent involontaires et inattendus. Par exemple, l'utilisation de l'insecticide DDT a sauvé des millions de vies en tuant les moustiques responsables de la transmission de la malaria. Ce n'est que plus tard que l'on a réalisé les effets néfastes du

DDT sur d'autres espèces, comme certains oiseaux ou même potentiellement chez l'humain. Son utilisation est maintenant bannie dans plusieurs pays, mais ailleurs on continue de l'utiliser face au choix difficile entre la survie des gens à court terme et la pollution de l'environnement à long terme. Qui peut blâmer ces pays d'utiliser le DDT pour lutter contre les moustiques vecteurs de la malaria, quand on sait que cette maladie tue 2,7 millions d'humains chaque année encore de nos jours ? [30]. Il me semble évident que dans ce cas, en termes de vies humaines, le bilan du DDT est positif, mais même s'il était négatif, la science n'aurait rien à se reprocher.

Examinons deux autres exemples. Le développement des connaissances en hygiène élémentaire, en physiologie, en biologie du développement des nouveau-nés et du contrôle des maladies qui les affligent a permis de réduire considérablement la mortalité infantile, d'abord dans les pays industrialisés puis petit à petit un peu partout sur la planète. Voilà bien un exemple frappant du succès de la science à améliorer la qualité de vie de l'humanité. Cependant cette réduction de la mortalité des enfants a entraîné l'accroissement fulgurant de la population humaine au point que la surpopulation est aujourd'hui un facteur majeur d'à peu près tous les problèmes de l'humanité : famines, génocides, pauvreté, pollution, destruction des forêts, surexploitation des ressources renouvelables et non renouvelables. Pour éviter ces effets pervers de la réduction de la mortalité infantile, il aurait fallu introduire en même temps le contrôle des naissances. C'est plus facile de reconnaître de tels effets pervers après coup que de les prévoir et de les prévenir.

De même, les connaissances modernes en nutrition humaine et en agriculture font en sorte que de nos jours, dans tous les pays riches, il n'est plus question de famine. Nous avons à notre disposition une surabondance de nourriture riche, diversifiée et facile d'accès en toutes saisons. Ici encore il s'agit d'un bienfait évident découlant de la science. Mais nous gérons l'utilisation de cette abondance avec les programmations génétiques héritées de nos ancêtres de l'âge de pierre. Dans leurs conditions de

vie, la gourmandise était très bénéfique pour profiter des rares périodes d'abondance de façon à survivre aux famines et aux saisons difficiles. Mais appliquée dans les conditions actuelles, la gourmandise mène à l'obésité qui est en train de devenir la cause de la plupart des maladies et des décès dans les pays riches [115]. Certains affirment même qu'il y a aujourd'hui sur terre autant d'obèses que de gens qui souffrent de la faim.

Dans ces deux exemples de la surpopulation et de l'obésité, ni la science ni les scientifiques ne peuvent être blâmés pour les effets pervers de leur victoire sur la mort des enfants et sur la famine. Mais on peut certainement en tirer des leçons pour l'utilisation présente et future de la science.

Reprocher à la science la destruction de la biosphère, c'est comme reprocher à l'eau les noyades ou condamner Newton pour

*La science sans
conscience n'est que
ruine de l'âme.*

Rabelais

la chute des corps. À l'inverse, ce n'est pas la science qu'il faut remercier pour la guérison des maladies et les bienfaits de l'agriculture moderne, mais certains scientifiques qui ont eu l'intelligence et la générosité de l'utiliser au service de l'humanité.

En conclusion, le scientisme mérite toujours les reproches qui lui sont adressés, les scientifiques et les technologies les méritent souvent. Assurons-nous, lors de nos attaques, de ne pas viser, blesser ou tuer la science, par inadvertance ou par ignorance. Toute l'humanité en sortirait perdante et dangereusement appauvrie et désarmée.

SCIENCE ET SPIRITUALITÉ

Le règne de la science a ouvert une sorte d'époque glaciaire dans l'histoire spirituelle de notre espèce: il n'est pas encore absolument démontré que la frileuse âme humaine puisse résister au climat rigoureux de la raison.

Jean Rostand

J'aborde dans les prochaines pages des sujets sensibles qu'on ne peut pas traiter à la satisfaction de tous mais qu'on ne peut tout de même pas ignorer. Il s'agit des relations tumultueuses

qu'entretiennent depuis longtemps la science et la religion. Je vais donc m'y aventurer à mes risques et périls, toujours dans le but de tracer clairement les frontières de la science.

On vient de voir que la réputation de la science était injustement noircie par les effets néfastes de certaines technologies. Elle l'est tout autant et tout aussi injustement par le fait que science et spiritualité sont souvent mises en opposition. On n'associe que du positif au mot spiritualité (peu importe la définition exacte du mot) alors que l'on associe facilement du négatif au mot science. On fait preuve alors d'une mémoire sélective, retenant davantage les mauvaises nouvelles technologiques que les bonnes.

Devant la spiritualité aussi nous faisons preuve de mémoire sélective, mais à l'envers, ne se souvenant que du positif. Si on accepte de lier la science à la technologie, on peut tout aussi bien lier la spiritualité à la religion, même si la spiritualité est plus que la religion tout comme la science est plus que la technologie. Il faudra bien alors reconnaître que le bilan de la religion et des religions dans l'histoire de l'humanité n'est ni tout rose ni nécessairement positif. Russell exagérait peut-être mais il n'avait pas tout à fait tort quand il disait : « ... là où des questions pratiques étaient en jeu, comme pour la sorcellerie et la médecine, la science a prôné la diminution des souffrances, tandis que la théologie a encouragé la sauvagerie naturelle de l'homme » (Russell, 1971 : 181). Il pensait peut-être aux milliers de sorcières et d'hérétiques morts sur les bûchers de l'Inquisition, mais on pourrait penser aux problèmes actuels de surpopulation et de propagation du SIDA encouragés par les prescriptions sévères et mensongères de l'Église catholique (sur la supposée inefficacité du condom). Au nom de la religion, comme au nom de la science, on est capable du meilleur comme du pire. Les perversions de la religion (les superstitions, le fondamentalisme, le prosélytisme) sont aussi condamnables que celles de la science (scientisme, créationnisme, pseudoscience).

La spiritualité peut, elle aussi, produire des effets pervers dévastateurs. Pensons aux nombreuses guerres de religion de l'histoire, y compris celles qui se déroulent encore de nos jours.

La religion elle-même est rarement la cause ou la motivation majeure d'une guerre, mais elle semble être un prétexte très commode pour mieux haïr l'ennemi. Surtout si on considère que la nôtre est une guerre sainte, elle devient un combat à finir entre le bien et le mal où l'ennemi est toujours du côté du mal et le vrai Dieu est avec nous, l'ennemi est un infidèle. Sanctifier la guerre est une idée toxique qui donne tous les droits, y compris celui de la barbarie. Ce n'est pas un hasard si tant de guerres sanguinaires et durables opposent souvent deux ennemis qui appartiennent à des religions différentes: catholiques contre protestants en Irlande du Nord depuis 40 ans, hindous contre bouddhistes au Sri Lanka depuis 30 ans, juifs contre musulmans au Moyen-Orient depuis 50 ans, hindous contre musulmans en Inde depuis 60 ans, fondamentalistes chrétiens contre fondamentalistes musulmans depuis le 11 septembre 2001, musulmans chiites contre musulmans sunites en Irak. C'est à se demander si on ne devrait pas s'abstenir d'enseigner une religion spécifique aux enfants de moins de 15 ans, comme on s'efforce de les mettre à l'abri du sexe, des loteries, du tabac et de l'alcool.

Au lieu d'endoctriner les enfants dans une religion donnée et risquer de les voir devenir intégristes, sectaires, intolérants et esclaves de rites et de règles arbitraires, on pourrait se limiter à leur enseigner ce qu'est le phénomène religieux en général, son importance dans la culture et dans l'histoire de l'humanité, ses aspects lumineux et ses effets pervers. On pourrait ensuite décrire l'essence des grandes religions occidentales, orientales, animistes, s'assurer de bien distinguer la foi et la raison, enseigner la valeur du respect de la diversité des croyances religieuses et promouvoir le choix libre et éclairé de chaque individu. Un tel programme d'éducation à la religion ferait beaucoup plus pour le bonheur et la paix dans le monde que le lavage et le tatouage des cerveaux qu'on impose aux enfants partout sur la planète. L'endoctrinement religieux forcé des enfants, tel que pratiqué depuis des millénaires, est une sorte d'intoxication de l'esprit, une des graves maladies épidémiques de l'espèce. La religion pourrait ne plus être ce « virus de l'esprit » (Dawkins, 2003), mais j'ai peu d'espoir qu'on arrive à opérer cette transformation

des mentalités religieuses. L'esprit des enfants – peut-être la plus précieuse et la plus fragile des richesses de l'humanité – est une ressource renouvelable trop souvent dilapidée par l'aveuglement religieux fanatique.

Je ne m'oppose pas à la foi ou à la religion en soi, mais je veux proclamer le droit de chaque enfant de conserver son cerveau à l'abri de l'infection par les dogmes, les convictions, les rites, les obligations et les interdits arbitraires d'une religion en particulier. Les deux traits culturels majeurs de l'humanité, la langue et la religion, constituent le puissant ciment qui assure la cohésion de toutes les sociétés. Tant que les sociétés vivaient relativement isolées les unes des autres, ce ciment avait des vertus cohésives cruciales. Maintenant que tous les humains vivent de plus en plus dans le même village que constitue l'ensemble de la planète, la langue et la religion deviennent des forteresses, des barrières qui encouragent les divisions et les conflits. Si on pouvait enseigner à tous les enfants une même langue planétaire en plus de leur langue maternelle et les introduire au phénomène religieux en général, et tout autant à l'usage libre et éclairé de la raison, dès l'enfance, on serait alors tous beaucoup plus tolérants, avisés, libres et pacifistes. Alors, avant d'être un Espagnol catholique, une Indonésienne musulmane ou une Indienne hindoue dans la vie privée, on serait tous des humains, travaillant à « construire une civilisation terrienne » [75]. Mais je crains que notre nature animale, nourrie par les différences et les divisions créées par les religions et les langues locales, ne soit trop forte pour que cette utopie se réalise un jour. C'est dommage parce que la survie de l'humanité en dépend peut-être.

*La laïcité signifie
aux Hommes de délaisser
ce qui les divise...*

Jean Dubessy

*Imagine there's
no countries
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too
Imagine all the people
Living life in peace...*

John Lennon

Soyons beau joueur et examinons l'envers de la médaille. Si on considère que la religion est un virus de l'esprit, pourquoi ne pas en dire autant de la science ? Parce que d'abord, si c'est le

cas, le virus de la science est certainement moins virulent que celui de la religion. En effet, dans à peu près toutes les cultures on est presque tous infectés par une religion dès l'enfance et on en guérit très difficilement ; quant à la science, elle ne touche qu'une minorité de gens et rarement pendant la période sensible et vulnérable de l'enfance. De plus, le virus religieux fait beaucoup plus de victimes : on ne s'entretue pas pour des théories scientifiques, alors que les guerres de religion sont aussi nombreuses que dévastatrices. Enfin, malgré tous les maux que l'on attribue à la science, il me semble évident qu'elle peut faire beaucoup plus que toutes les religions réunies pour solutionner les problèmes qui affligent l'humanité, pour l'unir dans une même communauté humaniste de savoir et de recherche de vérité et pour améliorer ses conditions de vie.

*Knowledge has killed
the sun, making it a ball
of gas with spots...
The world of reason and
science... this is the dry
and sterile world the
abstracted mind inhabits.*

D.H. Lawrence

Il faut aussi, à mon avis, arrêter d'accuser la science de nous priver de la beauté et du mystère du monde, arrêter de l'accuser de nous offrir un monde où le sacré, la vénération, l'émerveillement n'ont plus de place [46]. Je trouve franchement bizarre de penser que la vénération, le respect, l'émerveillement ne peuvent fleurir que dans l'ignorance. Je ne vois vraiment pas pourquoi on trouverait la vie moins sacrée

ou moins merveilleuse depuis qu'on connaît l'ADN, ou pourquoi on serait moins ébloui par la beauté ou ému par le spectacle d'un arc-en-ciel ou des aurores boréales depuis que la physique nous explique comment ils se forment. Et je ne vois pas pourquoi on respecterait moins l'humain parce qu'on sait maintenant qu'il est l'espèce sœur du chimpanzé et un proche cousin du gorille.

Il me semble au contraire que la connaissance scientifique donne de multiples raisons supplémentaires, fondées sur la vérité, de s'émerveiller, de vénérer et de respecter le monde, la terre, la vie et l'humain. D'où vient cette réputation de la science d'être froide, sèche, stérilisante, brutale, sans cœur, sans imagination, sans créativité ? D'où vient la propension à considérer

la science coupable d'avoir désacralisé le monde et la vie ? Ça ne vient sûrement pas des scientifiques qui consacrent toute leur vie avec ferveur et passion à sortir le monde des ténèbres de l'ignorance.

Je pense qu'il faut décourager cette mauvaise habitude de regarder la science et la technologie avec des lunettes noires et la religion et la spiritualité avec des lunettes roses. Gardons-nous de diaboliser la science et de glorifier la religion. Ces deux grandes aventures humaines ont une nature et une histoire beaucoup trop riches et complexes pour être représentées fidèlement par cette opposition simpliste en noir et blanc.

Je suis beaucoup plus pour la libre pensée que contre la religion. Et beaucoup plus contre les fanatismes et les fondamentalismes, de toutes confessions, que contre le phénomène religieux lui-même. Je n'ai absolument rien contre la foi en tant qu'expérience personnelle, intime, intérieure, privée. Au contraire, je suis fasciné par ceux et celles qui en sont capables et je les respecte absolument. Mais je ne les envie pas et ils peuvent s'abstenir de me plaindre de ne pas pouvoir les imiter. Je revendique le droit d'avoir une vision nuancée sur la question de la foi, de la spiritualité et de la religion ; et de changer d'avis demain. Le combat pour la raison et pour la vérité, n'est pas engagé contre la foi et la religion mais contre notre ignorance atavique et sans borne et contre un Univers qui s'obstine à conserver jalousement ses mystères.

LA SCIENCE EST-ELLE DISTINCTE DE LA PHILOSOPHIE ?

Le but ultime de la philosophie est de vaincre la peur de la mort.

Luc Ferry, 2006

Les premières ébauches de la pensée scientifique se retrouvent chez Socrate, Platon et Aristote, il y a environ 2400 ans. On trouve chez ces philosophes grecs trois des éléments importants de la pensée scientifique. D'abord l'importance de douter des vérités enseignées par la tradition ou l'autorité et de les remettre en question plutôt que de les accepter sans réfléchir à leur

contenu et à leur valeur. Ensuite, l'importance de se méfier de nos sens, c'est-à-dire ne pas toujours se fier aux apparences et tenter plutôt d'interpréter ce qu'on observe. Enfin, la valeur inestimable de l'observation de la nature pour alimenter la connaissance et la compréhension.

À cette époque, la science n'existait pas, on en voyait à peine poindre les premières exigences intellectuelles et émerger les premières tentatives audacieuses de comprendre le monde avec notre raison. Les philosophes grecs étaient donc à la fois des scientifiques dans ce sens, des scientifiques avant la lettre.

La science véritable telle qu'on la connaît aujourd'hui n'a commencé que 2000 ans plus tard, avec Galilée, Copernic, Newton, Kepler et Descartes, soit autour de 1600 et 1700. Pour eux la science c'était la physique, particulièrement la mécanique. Leur recherche consistait à décrire la réalité physique et à exprimer ces descriptions sous forme de lois mathématiques, qu'il s'agisse de la chute des pommes ou du déplacement des astres dans le ciel.

C'est donc à partir du 17^e siècle que la science est devenue une recherche de vérité distincte de la philosophie. Le rôle de la science est de découvrir comment le monde est ; elle tente de connaître (découvrir) et de comprendre (expliquer) le monde. Le rôle de la philosophie est plutôt d'expliquer, de critiquer, de valider ou d'invalider la science. La philosophie se soucie de la théorie de la connaissance (l'épistémologie), elle veut savoir comment la science fait pour savoir et pour avoir confiance que ce qu'elle sait est vrai, c'est-à-dire comment les scientifiques construisent leurs explications du monde (leurs concepts, leurs théories). Pour le scientifique, la science est une méthode, un outil ; il apprend à s'en servir et il lui fait confiance. Pour le philosophe, la science est un sujet d'étude et de réflexion parmi d'autres (comme la morale, la liberté, la justice ou la démocratie). Il s'efforce de critiquer la science pour en tester la validité. Ses efforts ne sont pas toujours utiles pour les scientifiques, mais ils peuvent parfois forcer ces derniers à plus de rigueur et de limpidité dans la formulation de leurs concepts et de leurs théories.

La philosophie des sciences est donc à son meilleur quand elle aide les scientifiques à clarifier et à renforcer les arguments qu'ils utilisent pour justifier la véracité de leurs explications du monde [121, 122, 131]. Ainsi, le philosophe Karl Popper a déclenché une réflexion des biologistes dans les années 1970 en affirmant que leur théorie centrale, la sélection naturelle, n'était pas une théorie scientifique mais plutôt une proposition métaphysique irréfutable. Le débat qui a suivi a permis de montrer que Popper avait tort (ce qu'il a lui-même admis) et, ce faisant, a confirmé et précisé le statut scientifique de la théorie d'évolution par sélection naturelle.

Si la philosophie s'aventure à expliquer le monde, elle est crédible et utile seulement si elle le fait en s'appuyant sur ce que la science a à dire sur le monde. Ses réflexions et ses conclusions doivent être en accord avec les faits connus et confirmés par la science. Ainsi, un philosophe qui parlerait aujourd'hui de biologie en général ou de la nature humaine en particulier, sans tenir compte de Darwin ou de Watson et Crick, serait sans intérêt, ridicule et non pertinent. Les philosophes qui aujourd'hui évoqueraient le finalisme, le vitalisme, le créationnisme, l'hérédité des caractères acquis ou la génération spontanée pour expliquer la vie feraient fausse route. Ils n'auraient aucune chance de s'approcher de la vérité puisqu'ils s'appuieraient sur des concepts que la biologie a rejetés sans équivoque et depuis longtemps.

La philosophie ne philosophe presque jamais sur rien. Si elle philosophe sur la science, elle ne peut pas ignorer ce que les scientifiques ont à dire de la science en général ou de la science particulière dont ils sont les spécialistes. Un philosophe professionnel qui philosophe sur ce que des scientifiques eux-mêmes ont à dire, a plus de chance d'être pertinent, utile et éclairant que celui qui philosophe sur ce que d'autres philosophes professionnels ont à dire sur d'autres philosophes professionnels et ainsi

*Il convient parfois qu'une
erreur tapageuse force
l'attention sur des vérités
trop discrètes.*

Jean Rostand

*Cette union solide
de la science et de la
philosophie est utile aux
deux, elle élève l'une et
contient l'autre.*

Claude Bernard

de suite jusqu'à Platon. De telles exégèses (commentaires sur des commentaires) sont, selon moi, rarement utiles ou pertinentes. J'ai tendance à faire davantage confiance à un scientifique qui philosophe en amateur, mais en connaissance de cause [93, 94, 96, 97, 103].

Si la philosophie tente de répondre à des questions comme « Qui sommes-nous ? d'où venons-nous ? » sans tenir compte de la biologie, de la phylogénie, de la paléontologie, de l'évolution, ses réponses seront dans la même catégorie que tous les mythes, bibliques ou autres, déconnectés de la nature, de la réalité, de la vérité. La philosophie se fonde avant tout sur la logique et sur les idées, alors que la science se fonde avant tout sur les faits : la différence d'assise est fondamentale.

SCIENCE ET RELIGION (ENCORE)

*Je trouve indigne de vouloir que les autres soient de notre avis.
Le prosélytisme m'étonne.*

Paul Valéry

La science n'est bien sûr pas la seule forme de pensée qui prétend faire de la vérité son fonds de commerce. C'est aussi le cas de la religion, de la justice, de la philosophie et du journalisme entre autres. Tous les cinq ont en commun, en principe à tout le moins, la recherche de la vérité et ont la vérité comme critère d'évaluation de leur recherche. Mais au-delà de ce point commun, tout les distingue. La science accorde une autorité absolue aux faits, la philosophie à la logique, la justice à la loi, le journalisme à ses sources et la religion à la révélation. Mais la religion occupe tellement de place dans toutes les cultures et affirme avec tellement de force détenir la vérité, qu'il importe de bien tracer la démarcation entre sa vérité et celle de la science.

D'abord, la science appartient au monde de la raison, alors que la religion appartient au monde de la foi. Le verbe central de la foi, c'est croire, le verbe central de la raison, c'est savoir (d'où découlent connaître et comprendre). Il s'agit là de deux mondes parallèles. Croire et savoir n'ont rien en commun, ce sont deux

catégories logiques totalement distinctes. On a pourtant facilement tendance à les confondre, comme dans l'expression : il faut le voir pour le croire. Cette affirmation est en fait un contresens. En effet, si je le vois, je ne peux pas le croire. Si je vous vois devant moi, je sais que vous êtes devant moi, je ne le crois pas et ne peux pas le croire. Quand le Christ ressuscité dit à Thomas « Heureux celui qui croit sans avoir vu », réalise-t-il qu'il n'y a pas d'autres façons de croire ? Thomas ne peut plus croire maintenant qu'il voit. On ne peut croire que les yeux fermés. On ne peut croire que sur terre ; au paradis, personne ne peut croire en Dieu puisque tout le monde le voit.

Par contre, l'inverse de l'expression « il faut le voir pour le croire » est un piège sournois pour qui cherche la vérité en science. En effet, on voit plus facilement ce que l'on croit, on verra plus loin que la méthode scientifique sert justement entre autres à se prémunir contre ce piège.

La science consiste d'abord à découvrir, littéralement à faire voir ce qui était couvert ou caché. Elle se limite à étudier des faits, c'est-à-dire ce qu'on peut observer directement grâce à nos sens ou à l'aide d'instruments comme un microscope, un télescope, un accélérateur de particules atomiques, etc. La science se limite donc à ce qu'on peut percevoir. Au contraire, la foi ne concerne que ce qui est non seulement caché mais « indécouvrable ». Tout ce qui concerne la foi ne peut pas être observé, c'est ainsi que l'on définit la foi. La raison et la science se pratiquent les yeux grand ouverts sur la réalité des faits observables. La foi est nécessairement aveugle ; elle consiste justement à croire sans savoir. Pour croire, il faut faire taire la raison qui doute et qui questionne. Croire est le contraire de douter. La foi est donc irrationnelle ou, à tout le moins, « a-rationnelle » [73].

*Le cheminement
de la foi doit toujours
être balisé par la raison,
toujours. Pour, in fine,
échapper à la raison.*

Dr D. Boubakeur

*Quand on a la foi,
on peut se passer
de la vérité.*

Nietzsche

La vérité de la religion est donc une vérité révélée, à laquelle on croit (ou non), mais qui ne fait pas l'objet de recherche ou de remise en question comme c'est le cas de la plupart des vérités de la science. Pour le croyant, une telle vérité révélée constitue un dogme absolu et immuable, incontestable, indiscutable ; tout le contraire des vérités scientifiques.

Prenons l'exemple de l'origine de l'Homme. Pour le chrétien fondamentaliste, qui lit la Bible littéralement, l'Homme a été créé par Dieu, il y a environ 6 000 ans : notre espèce n'a donc pas d'ancêtres et Adam et Ève n'avaient ni parents ni nombril. Pour le scientifique, l'Homme est un produit de l'évolution ayant émergé d'une longue série d'espèces de primates. La branche de la famille des Hominidés s'est séparée de la branche qui a mené aux chimpanzés, les grands singes vivants les plus proches parents de nous, il y a environ 6 millions d'années.

Ces deux vérités sont tellement différentes l'une de l'autre qu'on pourrait tout naturellement affirmer que si l'une est vraie, l'autre est nécessairement fausse. Mais ce n'est pas le cas. En effet, pour pouvoir déterminer laquelle des deux est vraie, il faudrait pouvoir les placer sur un même terrain pour les confronter, pour les soumettre aux mêmes épreuves selon les mêmes critères. Or la création appartient au monde de la foi (et de la religion), alors que l'évolution appartient au monde de la raison (et de la science). Ce sont deux mondes parallèles, qui ne peuvent ni se superposer, même partiellement, ni se toucher. La question de l'origine de l'Homme ne se pose donc pas en termes d'un choix entre la création et l'évolution, mais en termes d'un choix préalable entre la foi et la raison. La création et l'évolution pourraient être vraies toutes les deux, mais la vérité exprimée par la création, une vérité révélée, est tellement différente de la vérité exprimée par l'évolution, une vérité découverte, qu'il est trompeur d'utiliser le mot vérité dans les deux cas.

Sur le terrain de la foi, l'explication de l'origine de l'Homme est la création ; sur le terrain de la raison, c'est l'évolution. Les deux explications ne peuvent ni se contredire, ni se combiner, ni se nuire, ni s'aider. Tenter de combiner les deux en disant, par

exemple comme l'a fait Jean-Paul II [76], que le corps humain est le produit de l'évolution, mais que son âme est une création divine, est une tentative de faire se chevaucher les terrains de la foi et de la raison. L'effort est voué à l'échec en plus d'être malhonnête ou puéril. En effet, si la foi-religion affirme que l'âme est une création divine, surnaturelle et immortelle, le scientifique n'a rien à dire là-dessus, à la condition que la religion affirme en plus que l'espèce humaine est aussi une création divine. Mais si on veut jouer sur les deux tableaux, en acceptant que l'espèce humaine est un produit de l'évolution, c'est-à-dire qu'elle a des ancêtres, alors le scientifique aura beaucoup à dire et il voudra poser de nombreuses questions scientifiques sur l'âme. A-t-elle été créée tout d'un coup ou progressivement ? Chez *Australopithecus afarensis*, chez *Homo habilis*, chez *Homo erectus*, chez *Homo heidelbergensis* ou seulement chez *Homo sapiens* ? A-t-elle été créée chez *H. sapiens* il y a 200 000 ans, 100 000 ans, 50 000 ans ou 5 000 ans ? Les caractères de l'âme sont-ils déterminés génétiquement ? L'âme est-elle présente à 50 % dans chaque spermatozoïde et à 50 % dans chaque ovule humain ? L'âme s'allume-t-elle dès la conception ou seulement après l'implantation de l'embryon, ou après un certain degré de développement du cerveau ou seulement à la naissance ou encore lorsque l'enfant atteint « l'âge de raison » ?

Dès que l'on pose de telles questions concrètes et tout à fait légitimes pour la science, on devine qu'on ne pourra pas y répondre. Toutes ces questions sont non seulement impertinentes, mais ridicules justement parce qu'il est insensé de vouloir combiner foi et raison [27, 135, 166, 173]. Aussi ridicule que de se questionner scientifiquement sur le sexe des anges, la nature du combustible du feu de l'enfer ou le mode de développement de la tête d'éléphant et des quatre bras de Ganesha, le dieu hindou de l'intelligence et du savoir. Les vérités révélées de la foi et les vérités religieuses n'ont rien à dire sur le monde de la réalité et des faits. Les vérités de la science n'ont rien à dire sur le monde de la foi et de la religion. Il n'est pas possible de combiner les deux dans un même discours, les vérités de la foi ne peuvent pas

vivre sur le terrain de la raison et vice-versa. Si les découvertes et les explications de la science sont des vérités, les affirmations de la foi ne peuvent pas s'appeler des vérités dans le même sens du mot. Ce sont deux espèces distinctes de vérité.

Il en est de même pour les miracles. Ils sont inexplicables par la science puisqu'ils supposent qu'une force surnaturelle intervient dans le monde naturel. Donc pour la science, les miracles n'existent pas et pour le croyant, ils n'ont pas besoin d'être expliqués par la science, ils le sont déjà par la foi. Quand la religion prétend expliquer des phénomènes naturels comme l'origine de l'Homme ou la guérison des malades, elle devient une pseudoscience [146]. C'est une intrusion spiritualiste qu'il faut dénoncer [55, 147] tout comme il faudrait dénoncer les tentatives futiles de démontrer scientifiquement l'existence ou la non-existence de Dieu [87].

Une autre manifestation de la facilité avec laquelle on peut confondre, associer ou mélanger foi et raison s'exprime dans le refus de nombreux croyants d'admettre le caractère fondamentalement a-rationnel de la foi. La théologie est une réflexion rationnelle sur la foi, mais la foi elle-même est nécessairement a-rationnelle. De nombreux croyants voudraient tant que la foi soit rationnelle. Par exemple, Jean-Paul II (1998, p. 68) dans *Fides et Ratio* affirme que : « ... la foi demande que son objet soit compris avec l'aide de la raison ; la raison, au sommet de sa recherche, admet comme nécessaire ce que présente la foi ». Ou encore, cette citation de saint Augustin rapportée et commentée par le théologien Normand Provencher (2003, p. 19) : « Selon saint Augustin, la foi veut l'intelligence : J'ai désiré voir par l'intelligence ce que je croyais. » Provencher ajoute : « L'acte de foi suppose certes une décision de la liberté, mais il ne dispense pas d'un cheminement rationnel qui exige cohérence et rigueur. Autrement, la foi se réduirait à une simple consolation pour nous aider à supporter l'existence. » Qu'est-ce d'autre ? L'acte de foi est un acte de confiance, d'abandon, pas un acte d'intelligence ou de raison. Vouloir que la foi soit rationnelle, comme l'exprime saint Augustin, ne suffit pas pour qu'elle le soit.

Einstein aussi s'en mêle : « La science sans religion est boiteuse, la religion sans la science est aveugle. » [173] La formule est jolie et peut inviter la science et la religion à se respecter, mais si elle les invite à fusionner, c'est futile et nuisible pour les deux. Si la science sans la religion est boiteuse, la science avec la religion n'est pas meilleure ; elle est en fait bien pire, elle est dénaturée par des intrusions illégitimes [55]. Le scientifique religieux est peut-être une meilleure personne, plus humaniste, plus généreux, plus tolérant, mais il peut tout aussi bien pratiquer toutes ces vertus sans religion et, surtout, sa science n'est pas meilleure que celle de l'athée. La religion et la foi ne peuvent pas l'aider à être un meilleur scientifique ; le scientifique religieux n'a pas plus de chance de faire une grande découverte ou de gagner un prix Nobel que son collègue athée. On ne peut rien expliquer par un mélange de foi et de raison, ou de religion et de science. Plusieurs tentent malgré tout de le faire depuis longtemps mais toujours en vain. Dubessy et Lecointre (2003) ont très justement exposé et dénoncé sans équivoque ces « intrusions spiritualistes et impostures intellectuelles en science ». Pour améliorer la science, il faut faire de la meilleure science et non pas lui adjoindre la religion. À l'inverse, même avec la science, la religion, ou, à tout le moins, la foi serait tout aussi aveugle.

Foi et raison ne peuvent ni se nuire, ni s'aider, pas plus que religion et science. Il y a entre les deux mondes une démarcation nette et étanche qu'il est illusoire de vouloir franchir et nuisible de vouloir estomper. La foi et la religion donnent des réponses simples à toutes les questions sous forme de certitudes incontestables et invérifiables. La raison et la science font tout le contraire, non pas par esprit de contradiction mais par une sorte de respect lucide, humble et honnête pour leur nature et pour la réalité. Il ne peut rien sortir de fertile ou d'éclairant des tentatives de fusion de la science et de la foi. La science est aussi rationnelle que la foi ne l'est pas. Même si 200 détenteurs de prix Nobel en science déclaraient publiquement leur foi, ça ne donnerait aucune légitimité scientifique à la foi. À l'inverse, si 200 autres affichaient leur athéisme, ce ne serait nullement une attaque scientifique de la foi. Science et religion sont irréconciliables [27].

*Aucune religion
dogmatique n'accepte
de soumettre ses dogmes
à l'épreuve des faits.*

Michel de Pracontal

Examinons un cas extrême pour mieux illustrer l'incompatibilité de la science et de la religion. Le mouvement raëlien constitue un cas intéressant de tentative de confondre ou de mélanger la religion et la science, toute futile que soit cette tentative. Cette secte soucoupiste est en effet

remarquablement tordue dans sa logique. D'une part, elle se proclame une Église, ce qui lui permet de dire n'importe quoi, au nom, non seulement de la liberté d'expression, mais de la liberté de pratique religieuse. D'autre part, sans doute pour se donner un minimum de crédibilité apparente (qui ne trompe que les crédules), les raëliens se réclament de la raison (en préconisant la génocratie : le quotient intellectuel déciderait qui aurait le droit de vote et d'être candidat aux élections) et de la science (en s'autoproclamant spécialiste du clonage). En effet, les raëliens proclament que leur religion, c'est la science. L'expression elle-même est le comble de la contradiction dans le domaine. La référence à la science ne représente absolument rien des croyances ou des actions de la secte. Ainsi ses membres semblent croire aveuglément les affirmations de leur maître à penser, lequel bannit toute remise en question de son autorité et toute forme de doute de ses déclarations [25, 95, 114]. Il affirme avoir rencontré des extraterrestres, sur Terre et sur leur planète, il serait le frère de Jésus, les extraterrestres communiquerait

*[...] rien ne se vend mieux
que les illusions enrobées
de pseudo-savoir.*

Athané, Dubessy,
Lecointre et Silberstein

avec lui par télépathie (grâce à ses cheveux qui lui servent d'antennes), ils auraient créé (il y aurait environ 25 000 ans) toutes les espèces vivantes, passées et actuelles de la Terre, y compris l'humain, et ils sont censés revenir sur Terre en 2035. Le gourou lui-même peut très bien affirmer dans la même phrase que sa religion c'est la science, et

trouver normal de n'avoir aucune preuve à fournir de la véracité de ses affirmations. Il confond et mélange allégrement réalité et fiction sans se justifier et sans s'expliquer.

Il dit essentiellement « moi, je sais que j'ai rencontré les extraterrestres et c'est tout ce qui compte ». Je ne peux pas nier ce qu'il prétend savoir, mais s'il respecte la science, il devrait accepter qu'on soumette son témoignage « ... au même genre d'épreuves scientifiques que celui des gens qui disent qu'ils sont allés au Pôle Nord » (Russell, 1971 : 131). Sinon ce qu'il demande à ses adeptes, c'est de le suivre aveuglément en laissant leur cerveau à l'entrée. Le personnage qui se fait appeler Raël se limite à récupérer le mot science pour tenter de donner plus de crédibilité à ses élucubrations délirantes. Mais il le fait assez habilement pour tromper de nombreux crédules et profiter de leur vulnérabilité et de leur besoin de croire. C'est un détournement particulièrement révoltant et condamnable du mot et de l'esprit de la science.

Plusieurs auteurs préconisent ce que S.J. Gould a nommé NOMA (non-overlapping magisteria), c'est-à-dire des magistères totalement séparés pour la science et la religion [69]. Je suis assez d'accord avec cette position, mais à quelques nuances près. D'abord, assurons-nous de garder véritablement séparés les discours de la foi et de la raison, non pas pour des considérations de chasse gardée ou de territorialité malsaine, mais simplement par souci de limpidité et en sachant bien que les mélanges peuvent facilement et sournoisement s'insinuer dans le discours à notre insu et qu'ils ne peuvent que nuire à la compréhension [47, 54]. Dans *Fides et Ratio*, Jean-Paul II (1998) par exemple commet cette erreur quand il admet l'origine naturelle et évolutive du corps de l'Homme, tout en affirmant que son âme est d'origine divine.

Gould considère que la science et la religion ont le même statut et la même valeur. Ici, je ne suis pas d'accord. La valeur de la science ne peut pas être comparée à celle de la religion puisqu'elles appartiennent à des mondes distincts : on ne peut pas

*La crédulité est
le vice le plus favorable
au mensonge.*

Diderot

*Si la malhonnêteté
intellectuelle n'est pas un
délit, il est indispensable
et il n'est pas diffamatoire
de la dénoncer.*

Evry Schatzman

comparer la masse d'un éléphant à celle d'un ange, ni la force de Vishnu à celle d'un gorille. La valeur de la religion pour expliquer le monde est aussi nulle que celle de la science pour prouver que Dieu existe [87]. La science est aussi publique, objective et universelle que la religion est privée, subjective et locale. Rien n'est plus distinct de la science que la religion.

La science et la religion ne sont pas complémentaires. En effet, la religion n'explique pas ce que la science ne peut pas encore expliquer, ni ce qu'elle ne pourra jamais expliquer. La religion n'explique rien. Elle donne des réponses qu'elle nous invite à croire aveuglément, non pas des explications. On est dans deux mondes totalement différents : celui de la raison et celui de la foi. Les confondre ou les mélanger, les dénature tous les deux [27, 132].

SCIENCE ET MORALE

On dit souvent que la science a pour rôle de décrire et d'expliquer comment le monde est et qu'elle est inapte à traiter des questions de morale et du sens de l'existence. Je suis assez d'accord ici aussi, mais il y a lieu de se questionner sur la conviction que la religion aurait le monopole de ces questions. Richard Dawkins demande sur quoi repose l'autorité spéciale de la religion sur les questions de morale et de sens [48]. Pour un croyant, la réponse est simple : cette autorité vient de Dieu ou de prophètes qui nous ont révélé sa parole. Mais si on n'est pas croyant, cette autorité est seulement une question de tradition : c'est comme cela seulement parce que c'est comme cela depuis longtemps. Comme la monarchie, c'est seulement une question de descendance : un roi est obligatoirement fils d'un roi. Pourquoi est-ce ainsi : seulement parce qu'il en a toujours été ainsi. Le « sang » royal (on dirait aujourd'hui les gènes royaux) n'est qu'une question de tradition. De même, le monopole que l'on accorde à la religion sur les questions de moralité et de sens ne repose sur rien d'autre que la tradition.

Toujours selon Dawkins, nous n'avons aucune bonne raison de continuer de laisser cette autorité exclusivement entre les

mains de la religion, comme si en dehors de la religion personne n'avait rien de valable à dire sur les questions morales et de sens de la vie. D'ailleurs, les diverses religions ne s'entendent pas du tout sur ces questions, alors pourquoi suivrait-on la religion catholique plutôt que la religion protestante, musulmane, juive, hindoue ou même raëlienne ou une religion animiste africaine ? La plupart des adeptes d'une religion adhèrent à celle de leurs parents (encore une question de tradition). Dans le cas de la religion hindoue, on n'a même pas le choix : on naît hindou et on ne peut pas se convertir à l'hindouisme. Quand on change de religion, on le fait en fonction de ses goûts et aspirations personnels, et non à la suite d'une analyse démontrant la véracité des dogmes de la nouvelle religion : c'est toujours une question de goût et de foi aveugle. L'expression foi aveugle est en fait un pléonasmisme, tout comme foi éclairée est un oxymore. L'aveugle n'a pas plus besoin de lumière que le croyant n'a besoin de la raison ; « ... un télescope est inutile à celui qui garde les yeux fermés » (Russell, 1971 : 131).

Il ne s'agit pas de demander aux scientifiques de proposer une morale fondée sur la science. Ils n'ont pas plus d'autorité, de crédibilité ou de sagesse pour le faire que les garagistes ou les notaires. La science se limite à nous dire la vérité sur le monde, elle nous dit ce qui est, elle ne nous dit pas ce qui devrait être, par exemple, dans le cas de l'euthanasie, de la peine de mort ou des mariages gais.

Prenons le cas de la contraception. La pilule empêche d'ovuler, le stérilet empêche l'implantation de l'embryon dans l'utérus. La pilule agit avant la fertilisation, le stérilet agit quelques jours après. La science nous apprend donc que techniquement le stérilet provoque des avortements très précoces. Mais ce n'est pas à la science de nous dire si l'avortement en général est bien ou mal, ou si le type d'avortement produit par le stérilet est acceptable ou non. En effet le scientifique ne pourrait pas décider de cette question sur la base de données ou d'arguments scientifiques objectifs. « ... la morale ne contient aucune affirmation, vraie ou fausse, mais se compose de désirs d'un certain genre... ». Or, « la

science... s'occupe de ce qui est vrai ou faux» (Russell, 1971 : 176), elle n'a donc rien à dire de scientifique sur une morale particulière. Sa seule compétence directe sur le sujet concerne les fondements biologiques de la morale [5, 117, 129, 142, 162]. La science peut nous décrire et même nous démontrer les effets néfastes des frites et de la cigarette sur notre santé. C'est déjà énorme, mais c'est tout. La question de savoir si l'avortement est un péché ou si fumer devrait être interdit ne concerne pas du tout la science. Ce n'est pas parce que la science a peur de ces questions ou ne veut pas s'en occuper, c'est qu'elle ne le peut pas. Les méthodes et les arguments de la science ne peuvent tout simplement pas fournir de réponses objectives à ces questions et ne le pourront jamais. La science fournit les briques (les faits et les explications) mais elle ne construit pas les murs (les lois et les règles de morale et d'éthique fondées sur ces faits). En elles-mêmes, les briques sont neutres et inertes : de simples morceaux de vérité sur le monde... «les connaissances scientifiques... ne savent tout simplement pas dire à notre place dans quel monde nous souhaitons vivre» (Klein, 2003 : 53).

Le scientifique peut très bien, en tant que citoyen, avoir des opinions très fortes, des convictions profondes sur ces questions, mais il ne peut absolument pas les faire supporter par la science. S'il prétend le faire, il est coupable de fausse représentation et d'abus de pouvoir. Ainsi, c'est dangereux et trompeur de demander au détenteur d'un prix Nobel de chimie ou de physique ce qu'il pense de l'avortement ou du viol, par exemple. C'est dangereux parce que, ébloui par son prix Nobel, on risque de penser que son opinion est appuyée par la science alors qu'il n'en est rien. Son opinion sur ces sujets ne vaut pas plus que celle de n'importe quel autre citoyen, qu'il soit épicier ou comptable. Ces derniers peuvent très bien avoir une plus grande sagesse et compassion que le détenteur d'un prix Nobel sur ces questions.

Il n'est pas question de fonder la morale sur la science. Une science comme la sociobiologie, par exemple, nous explique pourquoi certains animaux sont altruistes ; elle est donc en mesure de proposer des explications plausibles et scientifiquement

solides à propos de l'origine de l'altruisme et de la vertu chez l'humain [5, 129, 142]. Cependant, même si on peut démontrer scientifiquement que l'altruisme, le racisme, la xénophobie, l'égoïsme et la dominance ont des origines animales, naturelles, ça ne justifie en rien ces pratiques : la science nous dit ce qui est, pas ce qui devrait être. On pourrait même dire le contraire. Maintenant que la science nous a fait connaître notre nature animale, nous savons au moins ce qu'il faut éviter pour devenir un véritable humain et pourquoi c'est si difficile de le faire : cela va à contre-courant de notre nature animale.

La science elle-même ne peut pas supporter une morale, mais elle est tout de même fondée sur certaines règles éthiques qui ont une parenté évidente avec la morale : la recherche de vérité, le respect des faits, l'ouverture aux idées nouvelles, la tolérance des idées contraires et la liberté de penser. Ce sont des valeurs utiles pour fonder une spiritualité laïque et humaniste.

Il ne s'agit donc pas de répondre aux questions de morale et de sens par la science elle-même. Il s'agit de refuser de continuer à donner sans conteste à la religion le monopole de l'autorité et de la pertinence sur les questions de sens et de morale. Maintenant que l'on sait, grâce à la science, que la Terre n'est pas le centre de l'univers mais seulement une planète parmi d'autres, tournant autour d'une étoile ordinaire parmi des milliards d'étoiles dans notre galaxie et que cette dernière n'est qu'une galaxie parmi des milliards d'autres, notre conception de notre place dans le monde en est inévitablement affectée. De même, maintenant que l'on sait que notre espèce n'est qu'une parmi tant d'autres, toutes produites par les mêmes processus naturels et que le chimpanzé est notre espèce sœur et le gorille un cousin, nous ne pouvons plus poser les questions du sens de notre existence comme nous le faisons auparavant.

Ces vérités, révélées par la science, ne peuvent pas ne pas teinter nos réflexions sur le sens de l'existence et sur la morale. La science dessine un paysage de vérité sur notre nature et sur la nature du monde, dans lequel nous sommes libres de chercher des réponses à ces questions. Elle nous procure une connaissance

et une compréhension du monde qui peut éclairer notre jugement moral. Il s'agit donc simplement d'éduquer les enfants aux connaissances scientifiques et surtout à la pensée libre et critique ainsi qu'au sens des responsabilités individuelles et sociales, puis de faire confiance à chaque adulte dans ses choix personnels sur les questions morales et de sens. Tout cela encadré bien sûr par les balises de la vie en société : liberté, responsabilité, justice, démocratie, tolérance, égalité, fraternité.

J'ai beaucoup plus confiance en une telle démarche dans un paysage de vérité scientifique, que dans un monde dominé par des vérités douteuses fondées sur la révélation, sur la tradition ou sur l'autorité, qu'elle soit politique, économique ou religieuse.

SCIENCE ET CRÉATIONNISME

Le cas du « créationnisme scientifique » est particulièrement utile pour dessiner clairement une section de la démarcation entre la science et les autres formes de recherche de vérité. Le créationnisme scientifique est un mouvement religieux fondamentaliste américain. Il se fonde sur une lecture littérale de la bible, c'est-à-dire qu'il considère les écrits bibliques, particulièrement la Genèse où il est question des origines du monde et de l'Homme comme des vérités. La position des créationnistes prend plusieurs formes et évolue avec le temps. Certains croient que l'univers a été créé en six jours, il y a environ 6 000 ans et que l'humanité tout entière descend d'Adam et Ève. D'autres, face aux évidences scientifiques de plus en plus indéniables, acceptent que la Terre ait beaucoup plus que 10 000 ans et que la sélection naturelle puisse expliquer les petits changements des espèces pour les adapter à leur milieu, mais pas leur origine. Pour eux, toutes les espèces ont été créées séparément et ne peuvent pas donner naissance à d'autres espèces.

Les créationnistes scientifiques sont convaincus que leurs croyances créationnistes sont supportées par la science, mais il n'en est rien [57, 105, 134]. De nombreuses cours de justice américaines (y compris la cour suprême en 1987 et la cour de Pennsylvanie en décembre 2005) ont clairement établi, à la suite

de longs et laborieux procès, que le créationnisme, sous toutes ses formes, n'est pas de la science. En fait l'objectif non avoué des créationnistes est d'introduire un enseignement religieux dans les écoles en le déguisant en science. Le cas est donc particulièrement intéressant puisqu'il concerne directement la démarcation entre la religion et la science, entre le terrain de la foi et celui de la raison.

L'expression créationnisme scientifique elle-même est un oxymore, une affirmation dont un des deux termes contredit l'autre. Quelle que soit la forme de créationnisme, elle implique toujours l'existence d'un créateur donc d'un agent surnaturel. Or, le qualificatif scientifique exclut tout recours au surnaturel pour expliquer la nature.

La tactique la plus récente des créationnistes scientifiques consiste à faire appel à l'ouverture d'esprit, à l'honnêteté intellectuelle, à l'objectivité scientifique et à la liberté académique pour que les écoles acceptent de présenter aux élèves l'évolution et la création comme deux théories rivales. Ils veulent faire croire qu'il y a ici une controverse scientifique et que les deux théories devraient être présentées aux élèves qui seraient alors en mesure de les examiner avec leur esprit critique et se faire une idée librement. Tout cela n'est qu'un écran de fumée qui récupère le langage et les attitudes de la science pour faire croire qu'il s'agit d'un débat entre scientifiques. Or, il n'en est rien. Ce n'est qu'une tentative habile d'amener la foi sur le terrain de la raison, la religion sur le terrain de la science et l'enseignement religieux dans les écoles.

D'une part, les créationnistes affirment que l'évolution est seulement une théorie et, d'autre part, ils affirment que la création est aussi une théorie. D'abord, l'évolution est un fait, aussi solidement attesté que le fait que la Terre est ronde et tourne autour du Soleil [21]. Quand ils disent que l'évolution est seulement une théorie, ils utilisent ce mot dans le sens populaire, non scientifique d'une supposition sans fondement. Or, dans le sens scientifique du terme, une théorie est une proposition qui explique véritablement un ou plusieurs phénomènes, qui a été

maintes fois mise à l'épreuve, en est sortie vivante et qui est la meilleure explication actuelle du ou des phénomènes qui la concernent. L'héliocentrisme est une théorie comme la gravitation universelle, la dérive des continents, le code génétique et l'évolution par sélection naturelle. Ce sont des théories tellement solides que, jusqu'à preuve du contraire, leurs sujets respectifs sont considérés comme des faits. Aucun scientifique sérieux ne remet en question la dérive des continents ou l'évolution de nos jours. Dire qu'il s'agit seulement d'une théorie est donc trompeur et péjoratif.

À l'inverse, le créationnisme n'a rien d'une théorie scientifique. C'est une proposition qui n'explique absolument rien dans le sens scientifique du mot « expliquer » et qui ne fait aucune prédiction testable qui permettrait de la mettre à l'épreuve pour la confirmer. Dépouillée de ses déguisements scientifiques, la seule explication proposée par les créationnistes est : Dieu l'a fait ainsi. Démaquillé de son jargon scientifique, le créationnisme n'est qu'une doctrine religieuse.

Pour éviter d'utiliser le mot dieu ou créateur ou de se référer à la bible, les créationnistes ont inventé, il y a quelques années, les notions de « intelligent design » (dessein intelligent) et de « complexité irréductible » [134]. En deux mots, leur argument est très simple et n'est en fait qu'une traduction moderne, déguisée en fausse science, d'un vieil argument remontant à la théologie naturelle de William Paley de 1803 [109]. L'argument est le suivant : certains phénomènes vivants sont très complexes (l'œil d'un vertébré, le flagelle de certaines bactéries, le système de coagulation du sang, pour ne citer que leurs exemples favoris). Chacun est constitué de plusieurs éléments, tous indispensables au bon fonctionnement de l'ensemble mais chacun est inutile par lui-même : la pupille de l'œil ne sert à rien si elle n'est pas associée à tous les autres éléments de l'œil. Or, selon eux, tout ça est tellement bien conçu et complexe que ça ne peut pas s'être fait naturellement, tout seul, sans un concepteur intelligent capable d'inventer chaque pièce de l'ensemble et de les rassembler pour remplir une fonction particulière. Donc ce concepteur intelligent doit nécessairement exister.

Tout cela peut sembler convaincant et scientifique, mais il n'en est rien. L'argument se limite à dire : le fait que certaines choses sont inexplicables (ou ne sont pas encore expliquées) est une démonstration que Dieu existe. C'est ce qu'on appelle le « God of the gaps », le dieu bouche-trou, un Dieu que l'on appelle à l'aide, de son terrain de la foi sur le terrain de la raison, pour servir d'explication à ce que l'on ne peut pas expliquer par la raison. Il s'agit là d'une idée qui a une façon bien à elle d'être fausse, elle est fondamentalement fausse. La raison n'a pas accès à Dieu et la foi n'a pas accès à la connaissance, ni pour y maintenir des trous, ni pour les combler. L'ignorance humaine n'est pas un argument en faveur de l'existence de Dieu, pas plus que l'ignorance de l'enfant devant la provenance des jouets sous l'arbre de Noël n'est un argument en faveur de l'existence du père Noël.

Pour comprendre la logique simpliste et tordue du « dessein intelligent », il faut savoir d'abord qu'il s'agit uniquement d'une doctrine anti-évolutionniste. Son objectif n'est pas d'expliquer la nature (puisque les créationnistes ont déjà en leur possession l'explication de tout : Dieu l'a fait ainsi), mais de lutter contre la science matérialiste en général et l'évolutionnisme en particulier, qu'ils perçoivent comme la source de tous les maux de l'humanité [134, 168]. Parce que les créationnistes scientifiques mélangent sur le même terrain science et religion (ou foi et raison), ils se sentent menacés par la science ; c'est pour ça qu'ils la combattent. Cela rappelle le combat futile de l'Église catholique contre Galilée. Plus l'évolutionnisme (ou la science) devient solide et indéniable, plus les créationnistes se sentent menacés et deviennent virulents en intensifiant, raffinant et diversifiant leurs attaques. Dans le cas de l'évolution, la sélection naturelle est justement l'explication scientifique de l'illusion de « design » dans la nature [14, 43, 45, 133]. C'est une explication qui satisfait tous les biologistes depuis plus de 100 ans, mais les créationnistes sont incapables de la considérer objectivement puisqu'ils y voient une menace à leur foi.

Mais tous les croyants ne sont pas des créationnistes. Tous ne se sentent pas menacés par la science. Le croyant qui a compris ce que sont la foi et la raison ne se sent pas plus menacé par

la science que le poisson par la noyade. La gravité ne menace la baleine que si elle sort de l'eau. La science ne menace la foi que si on la traîne, contre son gré, sur le terrain de la foi. Dieu existerait-il seulement pour les ignorants, pour combler les vides de la connaissance ? La science n'est pas une chenille qui, petit à petit, dévore Dieu jusqu'à le faire disparaître. Si on comprend que la foi est nécessairement aveugle, ou a-rationnelle, on n'a rien à craindre des lumières de la science. Pour le croyant, la foi peut éclairer ce qu'on ne peut pas connaître ; pour tout le reste il y a la science. Foi et raison sont deux forteresses au sommet de deux îles voisines au milieu de l'océan de l'ignorance. Les deux sont habitées par des êtres qui ne volent pas et ne naagent pas. Chacun n'a rien à craindre de l'autre, sauf s'il l'imagine, à tort, capable de pénétrer sur son terrain.

Le cas du créationnisme scientifique illustre une autre erreur de logique courante que l'on appelle la pensée dichotomique ou digitale qui consiste à tout voir en noir et blanc, sans nuances. En effet, les créationnistes savent très bien qu'il est impossible de démontrer scientifiquement la création ou l'existence de Dieu. Ils ne font donc absolument rien dans ce sens. En fait, ils se limitent à tenter de discréditer l'évolutionnisme. Tout ce qu'ils font est une vaste entreprise de démolition de l'évolutionnisme (et de la science en général). Ce faisant, ils croient, à tort bien sûr, que s'ils arrivaient à démontrer que l'évolution est fautive, ça voudrait dire que la création est nécessairement vraie. Si c'était le cas, le problème suivant serait de savoir lequel parmi tous les mythes de création inventés par l'humanité correspond à la réalité, celui des Chrétiens, des Hindous, des Inuits, des Papous, des Raéliens, des Vikings, etc. On voit tout de suite la futilité de l'entreprise.

Les créationnistes commettent ici plusieurs erreurs : amener sur le même terrain la foi et la raison, considérer seulement deux options (création et évolution), les considérer à l'opposé l'une de l'autre et surtout, conclure que si l'une est fautive, l'autre est nécessairement vraie. C'est une attitude simpliste, attrayante, percutante et, au premier degré, convaincante. C'est comme celle de G.W. Bush, juste après le 11 septembre 2001, proclamant

à tous les pays du monde: « si vous n'êtes pas avec nous (dans la guerre au terrorisme), vous êtes contre nous ». C'est la vision digitale, tout ou rien, des vieux classiques du cinéma western : les bons portent un chapeau blanc, les méchants portent un chapeau noir, tout est simple et clair, sans nuances.

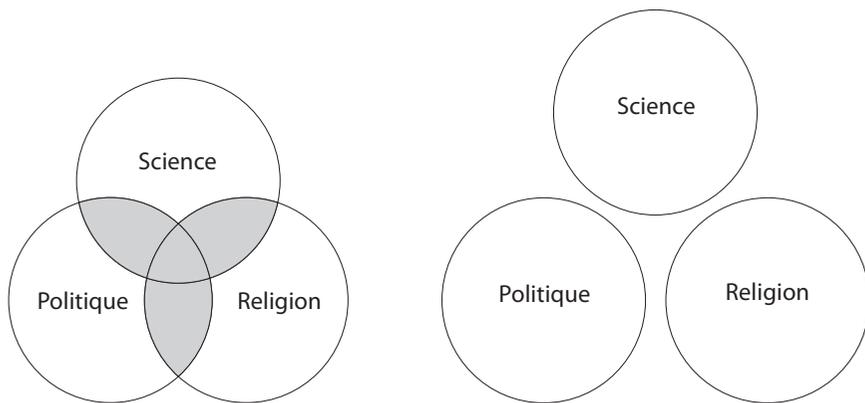
Malheureusement dans la vraie vie, en science ou ailleurs, les situations sont rarement aussi simples. Par exemple, être « avec nous » peut très bien être constitué de plusieurs éléments (investir des fonds, envoyer des soldats, fermer les frontières, échanger de l'information, etc.). Pour chaque élément, ma position peut très bien se situer quelque part sur une échelle de 0 à 10. Il y aurait ainsi des dizaines de positions possibles entre les deux extrêmes : 0% (avec) et 100% (contre). Il ne s'agit donc pas d'une indécision malade ou lâche entre 0 et 100, mais simplement d'une position nuancée, fidèle à la complexité intrinsèque de la réalité.

Le cas de l'évolution *versus* la création est différent parce que les deux options ne peuvent pas appartenir au même monde (on ne peut pas être 80% pour la création et 20% pour l'évolution). Mais si on est « pour » l'un, on n'est pas nécessairement « contre » l'autre. Par exemple, on peut être pour l'un et être indifférent à l'autre, ou ignorant de l'autre. Ce fut en fait le cas pendant des centaines d'années : avant 1800 (avant Lamarck et Darwin), on n'imaginait que la création pour expliquer l'origine du monde, de la vie et de l'Homme. Ce n'est que depuis que les créationnistes connaissent l'évolution et y voient une menace à leur foi qu'ils définissent la création comme une position anti-évolutionniste. Pour sa part, l'évolutionnisme n'est absolument pas anti-crétion. Pour l'évolutionniste, la création ne fait tout simplement pas partie du discours. Démontrer que l'évolution est un fait, que l'humain en est un produit et que son esprit n'est qu'une propriété émergente de son cerveau, ne constitue en rien une menace pour la foi en général ou pour la croyance en la création en particulier, puisque la foi et la raison ne peuvent même pas se toucher.

Même dans sa version la plus récente et la plus apparemment sophistiquée, le créationnisme scientifique est disqualifié dès qu'il prononce son nom puisque chacun de ses deux termes annule l'autre. C'est vrai, même dans leur notion de complexité irréductible. Ils affirment par exemple que le code génétique (avec son ADN, ses ARN, ses acides aminés et protéines associées) est tellement complexe qu'il ne peut pas s'être fait tout seul. Par conséquent il doit être le produit d'une intelligence, d'un dessein intelligent. Or, dès que l'on prononce cela, peu importe l'écran de fumée de biochimie dont on l'enveloppe et même s'il est vrai que les scientifiques sont encore loin d'avoir tout expliqué en détail, on ne peut pas échapper à la conclusion que si on explique le phénomène comme le résultat d'un dessein intelligent, il faut postuler l'existence d'un designer. Même si les créationnistes ne prononcent jamais le mot Dieu pour en parler, se limitant à parler de ID « Intelligent design », ils mettent le pied en dehors de la science-raison pour le poser sur le terrain de la foi-religion. La seule idée de « design » implique nécessairement l'existence d'un « designer », hors nature, surnaturel. Le sujet est donc hors de la science, automatiquement et inévitablement.

Le mouvement créationniste existe depuis environ 1925 et son influence se répand de plus en plus en dehors des États-Unis (voir le Hors-série, numéro 61 du *Nouvel Observateur* de décembre 2005 – janvier 2006 intitulé: « La Bible contre Darwin »). En 80 ans, les créationnistes scientifiques n'ont fait aucune contribution scientifique à nos connaissances sur l'origine de la vie, sur l'origine de l'Homme ou sur l'adaptation et la diversité des espèces. C'est une doctrine pseudo-scientifique puisqu'elle veut redéfinir la science pour y admettre des explications surnaturelles aux phénomènes naturels. Leur action est même anti-scientifique puisqu'elle nous invite à abandonner toute recherche scientifique sur ce qu'on n'a pas encore expliqué et à s'en remettre à l'action d'un créateur comme explication. Si tout le monde avait eu cette attitude au Moyen Âge, on serait encore au Moyen Âge et on tenterait encore de guérir la tuberculose avec de la bave de crapaud et d'apaiser le dieu du tonnerre par des sacrifices d'animaux.

Les créationnistes n'ont pas d'objectifs scientifiques. Ils mènent plutôt un combat politique pour introduire l'enseignement religieux biblique dans les écoles publiques et discréditer tout ce qui touche de près ou de loin à l'idée même d'évolution biologique. Ils mélangent la science, la religion et la politique, créant ainsi une zone de conflit et de confusion d'où émerge de plus en plus de chaleur mais aucune lumière.



La science, la religion et la politique se porteraient beaucoup mieux et serviraient beaucoup mieux l'humanité si chacune excellait sur son propre terrain et, tout en se respectant mutuellement, évitait les chevauchements illégitimes avec les autres.

Si on veut enseigner la doctrine créationniste dans les écoles, qu'on le fasse, mais seulement pour illustrer un bon exemple de pseudoscience et non pas comme une théorie alternative à l'évolution pour expliquer la vie. L'évolution n'explique peut-être pas tout mais elle explique un grand nombre de phénomènes d'une manière utile et éclairante. Le créationnisme n'explique rien [57, 105, 168].

SCIENCE ET AGNOSTICISME

Il s'agit de promouvoir les diverses tentatives de comprendre le monde qui se fondent sur la renonciation assumée aux entités communément admises par les théologies et les religions de toutes sortes.

Athané, Dubessy, Lecointre et Silberstein

La science permet, petit à petit et jamais parfaitement, de connaître et de comprendre la réalité, le monde, la nature. Pour ce faire, elle est imparfaite, mais imbattable. Les galaxies, l'ADN, les vaccins, l'évolution, la dérive des continents, la cellule, l'aéronautique, rien de tout cela ne nous a été enseigné par la philosophie, l'art ou la religion. La raison et la science ont fait leurs preuves ; elles ont démontré être les seules à pouvoir nous faire comprendre la réalité. La science n'est pas une sorte de religion ou une forme de croyance. À l'inverse, la religion et la foi ne nous procurent aucune connaissance, ni compréhension : le croyant qui affirme pouvoir connaître ou aspirer à connaître Dieu commet un abus de langage. Foi et connaissance sont antinomiques. La foi ne peut pas être rationnelle et éclairée, la raison ne peut certainement pas l'éclairer.

La vraie science apprend à douter et à s'abstenir dans l'ignorance.

Claude Bernard

Un scientifique ne peut pas être croyant en s'appuyant sur la science. Mais ce qui est beaucoup plus intéressant et éclairant pour marquer la démarcation entre la foi et la science est que ce même scientifique, appuyé strictement sur la science, ne peut pas être athée non plus. Appuyé sur la science, l'agnosticisme est la seule position qu'il peut soutenir, c'est-à-dire affirmer que, sur la base de la science, il ne sait pas si Dieu existe ou s'il y a une vie après la mort, par exemple. Il ne le saura jamais. Ces croyances surnaturelles sont exclues du savoir, elles appartiennent au croire. Ce n'est pas simplement une question d'espérer que la science se développe davantage pour éventuellement permettre de connaître le surnaturel, cela n'arrivera jamais.

À première vue, l'agnosticisme peut sembler une position faible, incertaine, molle, une indécision temporaire ou perpétuelle entre croire et ne pas croire. Ce n'est pas du tout le cas, l'agnosticisme est au contraire une affirmation claire et forte qui trace clairement la ligne au-delà de laquelle la science ne peut pas et ne pourra jamais aller.

L'agnostique n'est pas un adepte du peut-être, incapable de décider entre oui et non. C'est quelqu'un qui a le courage, l'intelligence et la franchise d'affirmer avec assurance et catégoriquement qu'on ne saura jamais, et qu'on ne pourra jamais connaître Dieu. C'est une affirmation beaucoup plus forte que celle de l'athée ou du croyant qui ne repose sur rien de rationnel.

Les mots agnostique et athée s'annoncent comme des manques, puisqu'ils commencent par le « a » privatif. Mais au lieu de considérer que Dieu est fondamental et que les athées et les agnostiques sont en manque par rapport à lui, pourquoi ne pas considérer que, pour chercher la vérité sur le monde, c'est plutôt le doute et le scepticisme qui sont fondamentaux et que ceux qui croient, au lieu de douter, sont a-sceptiques, en manque de l'élément fondamental de l'intellect humain face aux mystères du monde ? Plutôt que considérer le scientifique en manque (de foi), on devrait ainsi le considérer comme le défenseur honnête et limpide d'un point de vue naturaliste, c'est-à-dire libre de tout élément surnaturel ou magique [10, 29].

Pourquoi systématiquement valoriser la foi et discréditer le doute ? Le doute est la lumière qui brûle le mensonge, l'erreur, l'illusion. C'est le feu qui trempe la vérité.

« L'homme qui désire s'instruire doit d'abord douter, car c'est grâce au doute qu'il peut trouver la vérité » (Aristote, cité dans 163, p. 189). Ne pas croire n'est pas un manque. Le croyant croit que Dieu existe. L'athée croit lui aussi : il croit que Dieu n'existe pas. Par rapport à ces deux professions de foi, l'agnostique est sûr au moins d'une chose : Dieu ne peut pas faire l'objet d'une connaissance.

*Un croyant,
c'est un antiseptique.*

Raymond Devos

C'est une question de définition. Bien sûr, c'est nous qui définissons les mots et rien ne nous empêcherait de définir foi et science autrement, pour leur permettre de se marier, de s'appuyer, ou de se combattre. Mais je suis convaincu que cette redéfinition ne pourrait que nuire à nos efforts de compréhension de l'existence, de la réalité, du sens, de la vérité, du monde, de la vie et de l'Homme.

*L'homme est un animal
crédule qui a besoin
de croire. En l'absence
de raisons valables
de croire, il se satisfait
de mauvaises.*

Bertrand Russell

La foi est tellement naturelle qu'elle est présente dans toutes les cultures sous une multitude de formes de religions. Elle est tellement omniprésente qu'on la considère comme une vertu, une valeur noble, alors que son contraire, l'athéisme, est présenté et perçu comme un manque, une tare. Le mot athée lui-même, avec son « a » privatif, comme le mot anormal est associé à l'anarchie ou à la barbarie. Mais tous ces jugements négatifs émergent bien sûr des sociétés imprégnées de foi (qu'elle soit chrétienne, musulmane, animiste ou hindoue). L'athée est perçu comme une sorte d'ennemi de la société, qui nie ce que la majorité affirme et considère indispensable à son bonheur. On lui reproche de vouloir nous priver du sens de la vie, de la seule raison d'espérer un monde meilleur, d'accepter la misère, les malheurs et la mort. Mais l'athée n'a pas choisi d'être athée, pas plus que le croyant n'a choisi ou décidé de croire. L'athée est aussi un croyant car il adhère à un credo. Il croit que Dieu est une invention de l'Homme, qu'après la mort il n'y a rien et que l'esprit ou « l'âme » n'existe que dans les corps vivants [167].

Yann Martel (2003, p. 41) dans son roman *L'histoire de Pi* aborde lui aussi le sujet. Il fait dire à M. Patel (un triple croyant, à la fois chrétien, musulman et hindou) : « Il m'a donné le premier indice qui me ferait comprendre que les athées étaient des frères et sœurs d'une foi différente, et que chaque mot qu'ils prononçaient parlait de foi. Tout comme moi, ils vont jusqu'où les mènent les jambes de la raison, puis ils sautent. » Je suis tout à fait d'accord, on voit clairement ici les athées, comme les croyants, sauter par-dessus la démarcation entre la raison et la foi.

Mais M. Patel ajoute: « Ce ne sont pas les athées qui me restent en travers de la gorge, ce sont les agnostiques. Le doute est utile pour un temps... mais il nous faut aller de l'avant. Choisir le doute comme philosophie de vie, c'est comme choisir l'immobilité comme mode de transport. » Je pense que M. Patel n'a rien compris. L'agnostique ne doute pas, il est certain que Dieu est inconnaissable par la raison. Je comprends que les agnostiques restent en travers de la gorge de M. Patel puisqu'ils affirment que le croyant, tout comme l'athée, défendent une position de foi que la raison ne peut en aucune façon soutenir. Mais M. Patel ne semble pas voir que l'envers de cette médaille est que la raison ne peut pas non plus nuire à la foi.

Contrairement à ce que pense M. Patel, le doute n'est pas une forme d'immobilité, de paralysie, d'indécision, de peut-être entre le oui du croyant et le non de l'athée. Le doute est l'action maîtresse du sceptique. Le mot sceptique lui-même vient d'une racine grecque qui signifie chercher. Croire, c'est être certain d'avoir trouvé, c'est s'arrêter, être rendu à destination. Douter, c'est chercher et questionner toujours, même en sachant ne jamais atteindre la destination. La science, le plus beau fleuron de la raison, est avant tout une façon de voyager. Elle mène vers la vérité, sans jamais savoir si elle l'a atteinte, c'est une quête sans fin, asymptotique, vers une « inaccessible étoile » à l'attrait irrésistible.

À mon avis, M. Patel commet deux graves erreurs: l'agnosticisme n'est pas une forme de doute et le doute est un mode de transport jamais à court de carburant. L'agnosticisme est la reconnaissance d'un cul-de-sac: la raison ne peut rien ni pour ni contre la foi. Mieux vaut consacrer ses énergies ailleurs si c'est la vérité que l'on cherche; la raison ne pourra jamais connaître Dieu ou le surnaturel, c'est un cul-de-sac sans issue cachée ou secrète. Enfin le doute est un moteur sans faille: tant que l'on doute, on cherche.

Les croyants m'en veulent de mon matérialisme, et les autres de ce qu'il ne soit pas jubilant.

Jean Rostand

Comme scientifique qui s'efforce d'être lucide, limpide et honnête, je m'affirme donc agnostique. Ce n'est pas une profession de foi, ce n'est qu'une affirmation de principe, une manifestation cohérente de respect pour le sens des mots et une conviction intime que savoir et croire n'ont rien en commun. Le scientifique peut très bien, si on le lui demande, poser ses outils de scientifique et tenter de répondre, en tant que personne, à des questions de foi. Parmi 1 000 scientifiques qui feraient cet exercice, on pourra trouver des croyants fervents, des athées inébranlables et toutes les nuances du doute entre les deux convictions intimes et personnelles extrêmes. Libérée des contraintes et des exigences sévères de la science, la personne est libre de croire ou de ne pas croire. Je ne vois là rien de surprenant ou de contradictoire. Une même personne peut être scientifique et croyante ou scientifique et athée, mais dans les deux cas, c'est la personne qui est croyante ou athée, pas le scientifique [132].

En effet, en aucun cas un scientifique ne peut appuyer ou justifier sa conviction d'athée ou de croyant sur la science, d'aucune manière. Appuyée sur la science, la seule position cohérente est l'agnosticisme. Aucun argument scientifique ne peut servir à justifier la foi ou l'athéisme. Si on est athée à cause de la science, c'est qu'on mélange foi et raison et on fait fausse route. On est alors athée pour une raison illégitime. La profession de foi d'un détenteur de prix Nobel de physique ou d'un pape n'a pas plus de poids et ne devrait pas exercer plus d'influence sur celui qui doute et qui cherche, que la foi d'un trisomique, la «foi du charbonnier» ou celle d'un enfant de 10 ans. Il n'existe pas une foi éclairée des théologiens et une foi naïve des enfants. La foi peut être durable, convaincue, sincère et profonde mais elle sera toujours privée de la raison. Cependant si cela peut la rassurer, elle sera toujours à l'abri de la raison également. C'est utile de le souligner pour tracer clairement la frontière entre la foi et la raison et entre la religion et la science. Seule une telle frontière étanche peut prévenir les intrusions sournoises et toxiques de la religion en science et les récupérations futiles et malsaines de la science par certaines religions ou certains religieux.

CHAPITRE 2

Les visages de la science

LA SCIENCE ET LES SCIENCES

Ceuvre de l'homme, la science est assurément incertaine, relative, subjective, fragmentaire, provisoire. Mais, à le constater, qu'y a-t-il donc à gagner pour l'antiscience ?

Jean Rostand

« La religion relève de l'expérience subjective et ne peut être que locale et individuelle » [54], d'où le grand nombre de religions, petites ou grandes, anciennes ou nouvelles. La science est au contraire unique, commune à toutes les cultures ; « la science n'a pas de patrie » (Pasteur). Cependant, bien qu'il n'y ait qu'une seule science en tant que méthode de penser, il y a plusieurs formes de science plus ou moins spécialisées. Pour penser comme un scientifique il n'est pas nécessaire d'avoir fait de longues études, mais pour être un scientifique professionnel, il faut avoir acquis des diplômes qui témoignent d'une expertise particulière. Chacune des nombreuses disciplines scientifiques est de plus en plus complexe et sophistiquée. Un expert en physique peut très bien ne rien connaître de la biologie. De même, un expert en biologie moléculaire peut très bien ne rien connaître de la biologie du comportement ou de l'écologie marine. On devient expert d'une discipline scientifique à la suite de longues études et de recherches spécialisées et pointues, à la fine pointe des connaissances du domaine en question. Dans tous les cas, les experts pratiquent tous la même attitude, la même méthode de

penser que l'on appelle la science, mais chacun s'en sert dans une des innombrables avenues de recherche qui constituent les sciences.

Chaque spécialiste est expert dans sa discipline étroite et pointue (l'écologie comportementale des mammifères ou la chimie des hydrocarbures, par exemple), au détriment de toutes les autres. Un chercheur peut certainement puiser des éléments utiles à son travail dans des disciplines apparentées à la sienne ou faire partie d'un groupe de recherche multidisciplinaire qui rassemble plusieurs sciences connexes pour étudier des phénomènes complexes. Dans de rares cas, il peut même devenir expert dans deux domaines pointus. Mais, dans la plupart des cas, même si tous les scientifiques qui font bien leur travail pratiquent la science, chacun est expert de sa science et le nombre de sciences spécialisées est, de nos jours, très grand. Dans le domaine des sciences naturelles par exemple, on ne reconnaît plus seulement la physique, la chimie et la biologie ; chacune de ces trois grandes branches se divise en un grand nombre de sciences. Un peu comme la vie, bien qu'unique, la science se présente sous une grande diversité de formes.

Le mot science lui-même a connu une longue histoire. Selon *Le Robert, dictionnaire historique de la langue française* (1992, p. 1895), il « est emprunté (1080, Chanson de Roland) au latin classique *scientia* « connaissance ». « Depuis le début du 18^e siècle, la science se dit de la connaissance exacte, universelle et vérifiable exprimée par des lois... » Le dictionnaire ajoute, au sujet du dérivé « scientifique » qu'il « désigne (1884) une personne qui s'adonne à une science, aux sciences et par ailleurs une personne dont l'esprit est porté aux méthodes des sciences, par opposition à un littéraire ». Un « littéraire » étant à son tour, cette fois selon le *Larousse*, quelqu'un « Qui est trop attaché aux idées, au style, aux effets de l'expression et donne du réel une image fausse ou faussée ». La juxtaposition de ces deux définitions souligne avec force l'attachement indéfectible de la science au réel, par opposition à la littérature qui est libre de s'en détacher et qui exprime pleinement cette liberté.

Peu importe le sens exact donné au mot science, il est collant, grégaire, sociable. Il forme, souvent contre son gré, des associations pas toujours légitimes, avec une grande diversité de mots. Il fait penser à l'atome de carbone en chimie. En effet, le carbone s'associe de tellement de façons à tellement d'autres atomes qu'une branche de la chimie, la biochimie, lui est consacrée en entier.

On pourrait presque créer un lexique consacré à la nombreuse cour entourant le mot science. On parle entre autres de sciences humaines, sciences sociales, sciences de la nature, sciences médicales, sciences infirmières, sciences fondamentales, sciences pures, sciences appliquées, sciences économiques, sciences dures, sciences molles, sciences philosophiques, sciences morales, sciences cognitives, sciences religieuses, sciences politiques, sciences expérimentales, sciences historiques, sciences policières, sciences exactes, science officielle, science infuse, sciences parallèles, science-fiction, science créationniste, sciences divines, sciences occultes, sciences abstraites, sciences physiques, parascience, pseudoscience, etc. Une litanie interminable qui exprime que tout le monde veut être vu en compagnie de la science. Malgré tout ce que certains lui reprochent, c'est tout de même sur elle que reposent entre autres la technologie et la médecine, dont les contributions à la qualité de la vie sont nombreuses et indéniables. Il n'est donc pas surprenant que tous semblent vouloir s'habiller du mot science pour se donner une légitimité et une crédibilité qu'ils n'auraient pas autrement.

Plusieurs de ces expressions suggèrent des antonymes qui ne sont pas plus absurdes que bien des expressions courantes. Ainsi, faut-il opposer aux sciences humaines les sciences inhumaines, aux pures les impures, aux exactes les inexactes, aux naturelles les surnaturelles, aux sciences de la santé celles de la maladie ?

Débarrassons-nous d'abord des unions illégitimes. On a déjà vu que science et fiction forment un oxymore, un couple qui s'autodétruit : la science est tout le contraire de la fiction. C'est tout aussi vrai des sciences occultes ; la science est au contraire une activité transparente, limpide, exposée publiquement à l'examen et à la critique par les pairs. Ceci est vrai même des

recherches à caractère industriel et militaire où les résultats, par exemple dans le domaine biomédical, sont gardés secrets pour un certain temps, pour des raisons économiques ou de sécurité. Mais la science pratiquée par ces chercheurs n'a rien d'occulte au sens de la magie noire, de la sorcellerie, de l'astrologie ou de l'alchimie. Les soi-disant sciences occultes ne sont que des impostures et des mystifications qui se cachent derrière le mot science pour mentir sur leur nature. Elles s'avancent masquées par un pseudo-langage scientifique, mais rien de scientifique ne se cache derrière.

J'aime bien aussi l'expression science infuse parce qu'elle a une façon bien à elle d'être fausse. Elle n'est pas simplement fausse, elle est fondamentalement et radicalement fausse. « Avoir la science infuse, en théologie, correspond à avoir la connaissance que donne Dieu par pure inspiration, par référence à la connaissance qu'Adam reçut de Dieu ; l'expression a pris le sens courant de savoir de façon innée puis de prétendre tout savoir » (*Le Robert historique*, p. 1895). Tout dans cette définition s'oppose à la science. D'abord, l'idée de Dieu peut très bien être éminemment inspirante pour le croyant, mais il ne peut en émerger aucune connaissance. Ensuite, on ne peut rien savoir de façon innée, ce que l'on possède de façon innée, ce sont des programmes, des automatismes, des instincts comme on disait dans le passé, qui marchent tout seuls sans le secours d'apprentissages, ou de savoirs. Enfin, prétendre tout savoir est totalement étranger à l'esprit de la science. On retrouve l'idée de science infuse sous une forme carrément farfelue malgré ses fausses allures technologiques modernes chez les raéliens. En effet, ils croient que le contenu de leur cerveau, de leur esprit, peut être mis en réserve et être injecté dans leur clone éventuel, leur assurant la vie éternelle. Ils croient également que les extraterrestres pourront injecter dans leur cerveau de terriens toutes leurs connaissances scientifiques, supposément 25 000 ans en avance sur les nôtres. La science infuse version soucoupe volante. Tout compte fait, mieux vaut peut-être conserver cette expression, pour le plaisir et le bénéfice de la démolir et marquer de ses ruines un segment de la frontière de la science.

PARASITES DE LA SCIENCE

Le sommeil de la raison engendre parfois des monstres.

Francisco Goya

Voyons maintenant trois parasites qui profitent du prestige de la science tout en déformant son image et sa nature. Il s'agit de parasciences, sciences parallèles et pseudosciences [52]. Ce dernier est le moins dommageable puisque le préfixe pseudo-annonce clairement qu'il s'agit d'un faux, d'une imitation de la science. Néanmoins, si on l'entend distraitemment, on risque de n'entendre que le mot science, tout en oubliant le « pseudo » qui l'annule. L'expression peut donc, malgré tout, laisser croire qu'il s'agit de science. Par exemple, le *Larousse* définit pseudoscience comme « un savoir organisé qui n'a pas la rigueur d'une science ». C'est faire trop d'honneur à pseudoscience puisqu'elle n'a rien d'un savoir. Il ne s'agit pas du tout d'un savoir auquel il ne manquerait que de la rigueur pour qu'il soit de la science. La pseudoscience n'est même pas une fausse science, c'est plutôt une anti-science, un discours mensonger qui peut tromper le profane en utilisant le langage et certaines apparences de la science. Pensons par exemple à l'alchimie qui utilisait des méthodes semblables à celles de la chimie ou à l'astrologie avec ses observations astronomiques et ses calculs compliqués, qui donnent de fausses allures de valeur scientifique.

Parascience et sciences parallèles sont plus trompeuses encore puisque, en l'absence de l'étiquette « pseudo », on semble s'être rapproché de la science. Il semble être question de certaines formes de science alors qu'il n'en est rien. La science parallèle se définit par rapport à ce que l'on nomme la science officielle, c'est-à-dire celle pratiquée par des chercheurs de métier, diplômés, qui publient les résultats de leurs recherches dans des revues spécialisées qui n'acceptent que des articles examinés et critiqués sévèrement par des pairs, c'est-à-dire d'autres chercheurs chevronnés et reconnus pour leur expertise dans le domaine.

Seul l'historien de la science sait combien d'objections valables doit, avant de se faire admettre, essuyer la vérité.

Jean Rostand

Parapsychologie:
*pseudoscience qui désire
étudier des aptitudes
humaines dites spéciales
que personne n'a jamais
observées dans le
cadre d'une démarche
méthodologique
scientifique correcte.*

Henri Broch

Ce système est tellement sévère et exigeant, comme il se doit pour assurer la valeur scientifique de ce qui est publié, que ceux qui n'arrivent pas à y participer peuvent le percevoir comme un système fermé qui craint la critique, comme une chasse gardée, voire une société secrète qui ne serait accessible qu'à certains initiés. Or, ce n'est pas du tout le cas. En effet, la science dite officielle est tout à fait ouverte mais très exigeante ; elle exerce un contrôle très sévère sur la qualité de ce qu'elle publie.

Ceux qui ne sont pas à la hauteur de ses exigences n'ont d'autres recours que d'accuser la science dite officielle d'étroitesse d'esprit, de fermeture aux idées nouvelles et d'obsession à défendre ses pouvoirs ; puis ils tentent de créer des parasciences et des sciences parallèles. C'est le cas par exemple de la parapsychologie (aussi appelée la psilogie) qui prétend étudier scientifiquement des phénomènes parapsychologiques comme la télépathie ou la psychokinèse. Je dis qu'elle prétend étudier scientifiquement ces phénomènes parce qu'en fait, l'existence de ces présumés phénomènes n'est pas du tout démontrée. Il n'y a donc, pour le moment, rien là qui puisse être étudié scientifiquement, sauf peut-être la psychologie des gens qui y croient. La parapsychologie doit d'abord démontrer l'existence des phénomènes qui l'intéressent avant de prétendre les étudier ou les expliquer.

*[...] ceux qui, sous la
vaine profession de
devins, magiciens,
sorciers ou autres noms
semblables... infectent
et corrompent l'esprit des
peuples par leurs discours
et pratiques...*

Louis XIV

C'est trompeur et mensonger de prétendre qu'il y aurait une autre science, à la marge de ou parallèle à la science dite officielle. Dans cette vision des choses, on imagine bien sûr que la science officielle est fermée, dépassée, figée, sclérosée et qu'elle fait tout pour écraser la science parallèle et la parascience qui, elles, détiendraient la clé de tous les mystères du monde si seulement la science officielle leur permettait de s'exprimer. Tout ça n'est que fabulation.

Il n'y a en fait qu'une science, une méthode pour chercher la vérité et elle ne lutte pas contre une autre sorte de science qui cherche à émerger. Elle lutte contre l'ignorance (à commencer par la sienne), contre le mensonge, la superstition, l'illusion et les charlatans qui tentent de nous les vendre. Dans le cas de la parapsychologie, la science dit simplement : montrez-nous que les phénomènes que vous prétendez étudier existent vraiment et tout d'un coup ces sujets deviendront extraordinairement intéressants pour la science. D'ici là, la parapsychologie est en bonne compagnie avec l'alchimie, la magie noire, la sorcellerie et l'astrologie.

Je crois qu'il ne faut rater aucune occasion de démasquer les récupérations frauduleuses et mensongères du mot science. Il ne s'agit pas de breveter le mot à des fins de préservation d'une imaginaire chasse gardée des scientifiques. On ne voudrait pas que n'importe qui s'autoproclame chirurgien ou juge et dispense ses services sans qu'il nous soit possible de distinguer le praticien compétent et légitime du plus dangereux des charlatans. De même, si on se soucie de la valeur de la vérité et de l'importance pour vivre libre en société de distinguer la vérité du mensonge et de l'erreur, on fera tout pour éviter que le mot qui désigne notre seul outil capable de chercher la vérité soit kidnappé, déformé, abusé par n'importe qui pour n'importe quoi. Même si l'abuseur du mot science était de bonne foi, il faudrait condamner son utilisation abusive du mot et de l'outil clé de la recherche de vérité qu'il désigne.

Les imposteurs de la science sont aussi nombreux que leurs impostures sont farfelues et diversifiées. Michel de Pracontal les a exposées au grand jour avec humour mais avec une clarté et une vigueur dévastatrices [50].

SCIENCES PURES, SCIENCES DURES

Venons-en maintenant à quelques utilisations du mot science qui, tout en étant légitimes, méritent d'être clarifiées. Par exemple, il n'est pas inutile de distinguer les sciences pures ou fondamentales des sciences appliquées, bien qu'il serait plus juste de

parler des sciences, sans qualificatif, *versus* les applications des sciences. La science en tant que recherche de vérité (c'est-à-dire recherche de connaissances et de compréhension du monde) s'autojustifie; même si elle ne sert à rien, elle est indispensable pour mener une vie véritablement humaine. On la qualifie de pure ou fondamentale pour indiquer qu'elle n'est pas plus utile à la survie immédiate d'une personne ou de l'humanité que l'art, la philosophie ou la musique. Notre espèce a très bien survécu sans ces activités de luxe pendant près de 100 000 ans. Mais s'il ne s'agit plus simplement d'assurer la survie de l'animal humain, mais de promouvoir une qualité de vie dans la dignité et la liberté, alors la science inutile est un fleuron qui n'a rien à envier à l'art, à la poésie, à la philosophie et à la musique. C'est à la science que l'on doit de s'être libéré des peurs, de l'ignorance et des superstitions du Moyen Âge. « Quand les maladies et les tempêtes étaient attribuées à de capricieuses forces diaboliques, elles étaient beaucoup plus terrifiantes qu'aujourd'hui » (Russell, 1971 : 125). À mon avis, cela vaut amplement tous les énormes bienfaits que Michel-Ange ou Mozart ont procurés à l'humanité. Le monde de la science avec ses concepts, questions, théories, théorèmes, arguments et explications est probablement la plus grande invention de l'esprit humain [98].

Si, au-delà de la connaissance et de la compréhension du monde, on ajoute les applications de la science, y compris les applications de la science pure, dans tous les domaines, des communications à la médecine en passant par l'alimentation et les transports, la valeur de la science pure est évidente. Continuer d'utiliser les expressions science pure ou fondamentale et science appliquée, crée l'impression fausse qu'il s'agit de deux sortes de science, une dont on pourrait se passer et l'autre éminemment utile qui mérite qu'on y investisse sans compter puisque ses retombées pratiques sont assurées de rentabiliser les investissements. Si cette fausse impression sert de guide aux décideurs, ce serait une grave erreur puisque même les recherches actuelles purement orientées vers la solution d'un problème particulier ou vers la recherche du profit sont en entier

fondées sur les connaissances et la compréhension procurées par les recherches fondamentales passées, c'est-à-dire celles jugées inutiles à l'époque. De plus, considérer la science dite pure comme un luxe qu'on ne peut plus se payer serait néfaste non seulement pour le bien matériel futur de l'humanité, mais serait une façon de plus de faire pencher la balance du côté de notre nature animale où tout est évalué comme une marchandise en termes de rapport coût/bénéfice, au détriment de notre nature humaine.

Sur le campus de l'Université Laval, à Québec, comme sur plusieurs autres, même l'urbanisme sépare les sciences humaines (réputées molles) et les sciences de la nature (réputées dures). On ne mélange pas les deux mondes. Le campus est divisé par un grand axe nord-sud, un *no man's land* balayé par les vents des Laurentides qui sépare et tient à distance le campus est, où l'on trouve les facultés de théologie, de philosophie, de droit, de littérature, d'éducation, d'administration, de sociologie du campus ouest, où sont situés les pavillons de sciences et de génie, de foresterie, d'agriculture, de médecine et plusieurs grands laboratoires de recherche universitaires ou gouvernementaux.

Dans à peu près tous les esprits, la vraie science est à l'ouest, avec la physique, la chimie, la biologie, la foresterie, la géologie, le génie civil, etc. À l'est, on entend le mot science, y compris dans son utilisation la plus récente sur le campus, sciences religieuses, mais il ne s'agit pas de la même chose. Les organismes subventionnaires de la recherche font la même distinction : le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie par rapport au Conseil de recherches en sciences humaines. On laisse ainsi entendre qu'on est en présence de deux sortes de science. En fait, il n'en est rien. Encore une fois, il n'y a qu'une seule sorte de science, qu'elle soit appliquée à l'humain ou au reste de l'univers. Pour un biologiste, cette distinction a le défaut supplémentaire de suggérer qu'il y a d'un côté la nature, et de l'autre l'humain. Insidieusement, distinguer la science humaine de celle de la nature localise l'humain en dehors de la nature.

Si en sociologie ou en psychologie on fait de la science, on ne fait pas des sciences humaines, on fait de la science, un point c'est tout ; ou on n'en fait pas, selon le cas. On dit que la science tente, autant que faire se peut, d'être objective, c'est-à-dire qu'elle tente de décrire et d'expliquer le monde qui existe en dehors de notre esprit tel qu'il est et non pas teinté ou déformé par nos impressions, nos opinions, nos préjugés, nos conceptions personnelles subjectives. Le mot objectif lui-même souligne que la science vise à étudier des objets, tels qu'ils sont. Encore une fois, il n'y a qu'une seule science, il n'y en a pas des dures et des molles, ce sont plutôt les objets étudiés qui sont plus ou moins durs, c'est-à-dire plus ou moins difficiles à saisir et à mesurer.

Ici je me permets une anecdote personnelle pour illustrer la dureté relative des objets étudiés par la science. Quand j'étais étudiant en génie forestier il y a 40 ans, j'ai très vite appris l'importance centrale des mesures objectives en science. Dans notre formation il fallait, entre autres, suivre un cours de mesureur de bois. C'est une expertise très importante en foresterie à tous points de vue, pour le bûcheron qui est payé au nombre de cordes abattues, pour l'acheteur de bois ou pour le gestionnaire soucieux de ne pas surexploiter la forêt. N'importe qui peut apprendre à mesurer du bois correctement, il suffit d'un peu d'attention et de bien connaître le maniement de quelques outils très simples. Ici l'objet à mesurer est simple et dur.

En foresterie toujours, j'ai réalisé au 1^{er} cycle un projet d'étude des mycorhizes, ces associations fascinantes entre des champignons et les racines de plantes, de même qu'un projet de maîtrise sur l'acidité des sols forestiers. Dans les deux cas, il s'agissait, pour répondre à certaines questions de recherche, de mesurer les concentrations de divers produits dans des solutions. Ces objets sont plus difficiles à mesurer qu'une corde de bois mais, avec les instruments appropriés, on peut très bien y arriver et produire des mesures tout à fait exactes, précises et fidèles, c'est-à-dire objectives. Peu avant le début de ma maîtrise, mon directeur de thèse venait de faire l'acquisition d'un spectrophotomètre, le *nec plus ultra* des instruments pour mesurer la concentration

de divers minéraux en solution. Cet appareil était une merveille. Il suffisait, après une extraction chimique appropriée, à peine plus compliquée que la préparation d'une tasse de thé, de laisser l'appareil aspirer un petit échantillon de la solution, de le brûler dans une chambre spéciale et d'analyser la couleur de la flamme produite. Puis, comme par magie, l'appareil nous disait combien de parties par million notre échantillon de sol contenait de fer, de sodium ou d'aluminium, etc.

Dans tous ces cas, je faisais des mesures que je considérais, à juste titre, indéniables, fiables, solides, objectives. Peu importe les analyses statistiques ou les interprétations que l'on ferait de ces données par la suite, elles seraient toutes fondées sur des mesures solides, je faisais de la science dure. Avec mes outils de mesureur de bois et le spectrophotomètre de mon patron, j'étais un membre à part entière des vrais scientifiques du campus ouest. Dans nos laboratoires occidentaux, nous nous amusions entre nous à désigner les chercheurs de sciences humaines de l'est du campus, les orientaux, de pelleteurs de nuages, ce n'était pas un compliment. Je réalise maintenant que nous avions raison, mais, au lieu de les ridiculiser, nous aurions dû sympathiser avec eux. En effet, pendant que nous mesurions du dur avec facilité, à l'est, on s'évertuait à tenter de mesurer des réalités qui nous semblaient plus ou moins imaginaires et insaisissables, en sociologie, en psychologie, en histoire.

Pour plusieurs raisons, mais surtout sous l'influence d'un de mes professeurs, j'ai commencé, vers le milieu de ma maîtrise, à m'intéresser au comportement animal. Tout le monde s'intéresse au comportement animal mais, dans mon cas, je commençais à être de moins en moins attiré par la foresterie et, professionnellement, j'étais plus attiré par le monde animal en général. Puis un jour, ce professeur eut la bonne idée de me prêter un livre de vulgarisation de la collection Time-Life sur le comportement animal écrit par Nicholas Tinbergen (quatre ans plus tard il obtenait un prix Nobel pour ses travaux de recherche). Je me souviens très bien que ce livre a été pour moi un déclencheur puissant qui m'a fait abandonner la foresterie pour

la biologie, plus exactement l'éthologie, l'étude biologique du comportement animal. Ce ne sont ni les anecdotes, ni les belles photos, ni certaines recherches de Tinbergen qui m'ont influencé au point de bouleverser mon cheminement de carrière après six années d'études en foresterie. J'ai été allumé en découvrant dans ce livre que l'on pouvait mesurer le comportement, comme on pouvait mesurer une corde de bois ou la concentration d'aluminium d'un sol. Je découvrais que certains nuages comme ceux pelletés à l'est du campus, en psychologie, en anthropologie, en sociologie pouvaient aussi être mesurés comme des objets.

Mais j'ai aussi découvert que même s'il était possible de mesurer le comportement, c'était très difficile de le faire. Imaginez un animal qui fait un geste qui ne dure qu'une ou deux secondes en présence de trois ou quatre de ses congénères. Même si vous connaissez bien cette espèce et en dépit du fait que vous l'observeriez attentivement, ce geste, soit l'objet que vous voulez saisir, décrire, mesurer, est éphémère et évanescent. C'est un objet beaucoup plus difficile à mesurer qu'une corde de bois. Il ne reste pas là devant vous pour se laisser mesurer à volonté et à répétition. Il est porté par le temps qui aussitôt le transporte et l'efface. L'avez-vous vraiment vu, est-ce bien cela que l'animal a fait, est-ce bien lui qui l'a fait, ne l'a-t-il fait qu'une fois, l'a-t-il fait plus fort que la dernière fois, l'a-t-il fait pendant que vous ne regardiez pas... ? Vous vous prenez à rêver de cordes de bois et de spectrophotomètres.

Heureusement, il existe maintenant des méthodes tout à fait fiables pour mesurer le comportement mais ce ne fut pas toujours le cas. Quand j'ai commencé dans le domaine (en 1969), Tinbergen était un géant de l'éthologie, mais nous étions très critiques (comme tout bon étudiant chercheur) de nombreux autres chercheurs en éthologie qui, observateurs attentifs et excellents naturalistes, réalisaient des descriptions fascinantes des comportements d'animaux sauvages, dans leur milieu naturel, mais qui se limitaient à décrire qualitativement les comportements, de manière anecdotique, sans toujours se soucier d'effectuer des mesures rigoureuses quantitatives et objectives.

C'était l'époque (environ de 1960 à 1974) où quelques chercheurs, chacun à sa façon, inventaient les méthodes de mesure du comportement. L'année 1974 fut marquante dans le domaine par la publication par Jeanne Altmann, une spécialiste de l'étude du comportement social des babouins en Afrique, d'un article synthèse sur les méthodes de mesure du comportement. Plusieurs livres influents ont été publiés sur le sujet depuis, mais l'essentiel se trouve dans Altmann 1974 [6].

Je pense que ces méthodes de mesure du comportement ont fait passer l'éthologie de science molle à science dure. En effet, ces méthodes de mesure ont permis aux chercheurs de saisir et de mesurer avec fiabilité, justesse, exactitude et précision l'objet de leurs recherches malgré sa nature molle et fugace. Elles ont cristallisé le comportement en objet. Ce faisant, les analyses et les interprétations des éthologistes n'étaient plus fondées surtout sur des descriptions qualitatives, de qualité parfois douteuse, ou sur des opinions ou des impressions, mais sur des comptages, soit des mesures quantitatives indiscutables.

Pour valider ces méthodes, l'utilisation d'enregistrements sur film ou sur vidéo a été très importante. Un tel enregistrement, que l'on peut jouer à répétition, ou au ralenti ou même image par image permet, entre autres, de détecter des comportements autrement presque impossibles à observer avec assurance ou en détail. C'est ainsi que j'ai découvert comment le Muntjac, un cerf asiatique, se sert de ses armes lors des combats entre mâles. Ces mâles possèdent des bois comme à peu près tous les cerfs, mais ils ont également de longues canines supérieures pointues et tranchantes. Malgré six mois d'observation à courte distance d'un petit groupe dans un zoo, chez qui les combats étaient courants, je n'arrivais pas à voir comment ils utilisaient cette combinaison d'armes défensives (les bois) et offensives (les canines). C'est seulement après les avoir filmés en action que j'ai pu voir, au ralenti, la nature exacte des gestes impliqués et leur signification pour l'évolution des armes chez les ongulés en général [16].

De tels enregistrements filmés peuvent aussi servir à valider les méthodes de mesure du comportement. Si, par exemple, vous avez une heure de film d'un groupe d'animaux qui agissent et interagissent devant vous, vous pouvez ensuite le visionner à plusieurs reprises, disons une fois par semaine. À chaque fois, vous tentez de mesurer la même chose, par exemple la proportion du temps que chaque individu passe à manger, à marcher, à se reposer ou le nombre de fois, dans cette heure, qu'un tel individu a interagi avec tel autre. Si votre méthode de mesure est adéquate, vous devriez trouver toujours la même valeur à chaque fois. Vous auriez ainsi vérifié ou évalué la fiabilité intra-observateur : la capacité d'un même observateur à mesurer plusieurs fois avec précision le même objet. Si vous faites le même exercice avec plusieurs observateurs, vous évaluez la fiabilité inter-observateur : ont-ils tous bien compris la nature du comportement à mesurer et le font-ils tous de la même façon ? Si oui, vous êtes confiant d'avoir une méthode de mesure qui donne des valeurs fidèles et fiables. Vous êtes confiant d'avoir réussi à saisir et à mesurer l'objet malgré sa mollesse apparente. Sinon, vous savez qu'il faut améliorer la méthode pour prétendre faire de la science plutôt que de pelleter des nuages.

Pour terminer mon anecdote personnelle, après une vingtaine d'années d'étude du comportement, je suis revenu graduellement vers l'étude d'objets beaucoup plus durs, dans tous les sens du mot, c'est-à-dire les dents, les crânes et les os des mammifères. Quel repos, quelle facilité par rapport au comportement ! Un os, c'est inerte, docile, permanent. Il vous attend, toujours semblable à lui-même dans le tiroir du musée, il se laisse mesurer aussi lentement et aussi souvent que vous voulez. Vous pouvez passer des heures à méditer sur ses creux, ses crêtes, ses courbes, jamais il ne se dérobe, toujours fidèle, immuable et disponible, l'antithèse du comportement.

Malgré tout, la science de l'os, par exemple l'anatomie fonctionnelle, n'est pas plus dure que la science du comportement. Si, comme l'affirment certains critiques, la sociologie ou la psychologie sont des sciences molles, ou ne sont même pas des sciences

du tout, la critique est justifiée seulement si elles n'ont pas encore mis au point de méthodes de mesure appropriées à la mollesse des objets à mesurer. La sociologie peut être aussi dure que la chimie, c'est simplement plus difficile. Plus l'objet à mesurer est mou, plus il faut de rigueur et d'inventivité dans la création de méthodes de mesure appropriées. Ce sera toujours plus difficile de pelleter des nuages que des cordes de bois. Ce n'est pas du tout la science qui est en cause. On peut étudier à peu près n'importe quoi scientifiquement à la condition de définir exactement l'objet à mesurer et d'inventer une méthode adéquate pour le mesurer (la pelle à nuages). Si on y arrive, on peut faire de la science. Sinon on ne fait ni de science molle ni de science inexacte ou approximative, on ne fait pas de la science du tout.

Il en est de même en médecine où on entend souvent, même de la bouche des médecins, que leur pratique n'est pas une science exacte, mais plutôt un art. En effet, l'objet de leur préoccupation, une personne malade, est complexe et constitue un cas unique avec son histoire propre. La personne qui se présente avec une jambe cassée est un cas simple, l'objet à traiter est dur : facile à identifier et à comprendre. Si par contre la personne se présente avec des migraines, un mal de ventre, des étourdissements ou des rougeurs cutanées, l'objet à identifier, à comprendre et à traiter est plus mou. Le médecin aura alors beaucoup moins de certitudes et il devra s'en remettre à des suppositions et à des opinions sur l'état de santé de la personne. Il fera appel à son sens de l'observation, à son habileté à examiner et à questionner la personne, et son diagnostic sera davantage fondé sur son expérience, ses connaissances empiriques et son intuition que sur des mesures et une étude scientifique objective.

Même si le médecin procède par la suite à des examens plus approfondis (en radiologie, par exemple) ou à des tests sanguins, il sera presque toujours confronté à des objets mous, difficiles à saisir et à mesurer. C'est la nature de sa profession. La valeur d'un bon médecin se mesure justement à sa capacité à poser le bon diagnostic malgré la complexité et la mollesse de son objet d'étude. Des rougeurs cutanées pourraient résulter de

nombreuses causes diverses et le médecin n'a jamais le loisir d'effectuer une étude approfondie pendant plusieurs semaines de chaque cas qu'il rencontre. Il doit décider tout de suite, en ignorance de cause, et c'est ici que la perspicacité, l'expérience, l'intuition prennent toute leur importance. Même si à la base, ses diagnostics reposent sur des connaissances scientifiques objectives, dans le quotidien, sa pratique est plus un art qu'une science. C'est la nature molle des objets qu'il traite et la nécessité d'agir vite qui l'imposent.

SCIENCE RÉDUCTIONNISTE

Comme on l'a vu dans le cas du comportement, les objets que l'on qualifie de durs ne sont pas seulement ceux qui, comme un tronc d'arbre ou un os, sont simples et concrets et se laissent facilement mesurer. Dans le cas des objets complexes, une science est dite dure si elle peut appliquer l'approche réductionniste aux objets étudiés, c'est-à-dire si elle peut étudier les éléments constitutifs d'un objet pour tenter de décrire et de comprendre comment il est fait et comment il fonctionne. C'est ainsi que l'on peut comprendre le fonctionnement d'une montre ou d'une voiture : on l'ouvre et on étudie la forme, l'agencement, les interactions des rouages internes de l'objet. C'est la science des détails, la science des petits riens. On doit à Descartes (1596-1650) le développement formel de cette approche consistant à atomiser un objet pour l'examiner de plus en plus en détail et en profondeur pour le comprendre. Il considérait même un animal comme une véritable machine dont il suffisait, selon lui, de comprendre les rouages pour le comprendre complètement.

La science a connu autant de succès au cours des 200 dernières années en grande partie parce qu'elle a cultivé une analyse réductionniste des objets d'étude. C'est certainement le cas de la physique, de la chimie, de la physiologie et de la biologie moléculaire. Le rêve réductionniste consiste à croire qu'éventuellement tout pourra être expliqué par la physique des particules atomiques élémentaires. Une société humaine est constituée d'individus, le corps de chaque individu est constitué

d'organes, chaque organe est constitué de cellules, chaque cellule est constituée de molécules, chaque molécule est constituée d'atomes et chaque atome est constitué de particules (protons, neutrons, électrons). C'est tout à fait vrai que pour comprendre une société, il faut connaître les individus qui la constituent, tout comme pour comprendre une cellule, il faut comprendre les molécules qui en constituent la membrane et le contenu. On ne peut pas comprendre une cellule sans comprendre ses molécules; l'approche réductionniste est indispensable et très puissante, mais elle ne suffit pas.

On succombe en effet à un rêve utopique si l'on croit pouvoir tout expliquer par l'approche réductionniste. Un ensemble complexe comme une société, un individu ou une cellule est plus grand que la somme de ses parties. En plus de la somme de ses parties, l'ensemble manifeste ce que l'on appelle des propriétés émergentes, lesquelles ne sont nullement comprises dans les parties, mais émergent de l'interaction entre les parties et du contexte ou du milieu dans lequel le tout se situe. Contrairement à ce qu'affirme le réductionnisme excessif ou radical, on ne peut pas réduire un objet complexe à ses éléments constituants. Une société est plus qu'une somme d'individus, une cellule est plus qu'une somme de molécules et un cerveau est plus que la somme de ses neurones. De plus, les propriétés les plus intéressantes, les plus caractéristiques d'une société, d'une cellule ou d'un cerveau sont précisément les propriétés émergentes, soit celles qui sont inaccessibles à l'approche réductionniste [21, 174].

La pensée ou la conscience de soi, par exemple, émergent sans contredit de notre cerveau, mais sont tout à fait impossibles à détecter, à mesurer, à étudier en n'examinant que les neurones du cerveau. Les neurones du cerveau d'un humain sont identiques à ceux du cerveau d'un chat ou d'une truite et fonctionnent exactement de la même façon et pourtant aucune truite n'a la capacité de penser comme un humain. Si c'est la pensée que l'on veut étudier, l'étude réductionniste des neurones est inutile, c'est le cerveau tout entier et vivant qu'il faut étudier par une approche globale, holiste, d'où la grande difficulté d'étudier scientifiquement

la pensée. On peut étudier l'activité électrique et chimique des neurones tant qu'on voudra (la production et le transport des impulsions électriques et des neurotransmetteurs), mais cela ne nous dira rien de la pensée. L'étude des neurotransmetteurs est considérée une science dure parce que l'objet en question peut être saisi, récolté, mis en bocal et analysé au niveau moléculaire. L'étude de la pensée est une science considérée beaucoup plus molle parce que la pensée est une réalité immatérielle et émergente. Ça ne signifie pas que la pensée a quelque chose de magique ou de surnaturel, mais seulement que la pensée ne peut pas être réduite aux neurones.

Il en est de même en chimie. Prenons la molécule d'eau. Une des grandes découvertes de la chimie, que l'on doit à Lavoisier (1743-1794), est la composition chimique de l'eau. Tout le monde sait maintenant que l'eau est constituée de deux éléments, l'hydrogène et l'oxygène, chaque molécule d'eau étant constituée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. Cette connaissance, aujourd'hui banale, est un des grands succès de l'analyse réductionniste de la chimie du 18^e siècle. Mais une fois que l'on sait que la formule chimique de l'eau est H₂O, on ne sait pas tout de l'eau. En fait, les propriétés les plus intéressantes et les plus importantes de l'eau comme sa fluidité entre 0° et 100°C, sa solidité au-dessous de 0°C, sa volatilité au-dessus de 100°C, sa qualité de solvant capable de dissoudre une foule de produits chimiques, sont toutes des propriétés émergentes. Toutes ces propriétés sont absolument inaccessibles aux études réductionnistes. Même si l'on connaissait à la perfection les propriétés de l'hydrogène et de l'oxygène, on ne pourrait jamais prédire qu'en combinant deux atomes de l'un avec un atome de l'autre, on obtiendrait de l'eau avec toutes ses propriétés.

Une science est donc dite dure si elle peut saisir et mesurer, décortiquer et émettre l'objet de son étude en éléments constituants et les étudier en détail. C'est une méthode puissante, fertile, au cœur des grands succès de la science moderne. Pensons par exemple aux prodiges que peut réaliser la biologie moléculaire depuis qu'en allant fouiller dans le noyau des cellules

vivantes, des chercheurs y ont trouvé des chromosomes, que ces chromosomes étaient constitués en grande partie d'un acide organique (l'ADN : l'acide désoxyribonucléique) et que d'autres chercheurs, en l'occurrence Watson et Crick en 1953 [157, 158] ont découvert la forme de cette molécule (un escalier spiralé). Ce sont là de grands triomphes de la science réductionniste du 20^e siècle. Mais il ne suffit pas de connaître, même dans tous les détails, l'ADN d'une personne ou d'un lynx pour tout savoir de cet animal. Si on veut connaître par exemple la thermorégulation, les comportements de chasse, l'organisation sociale ou la dynamique des populations du lynx, ce n'est pas utile de connaître leur ADN en détail. Une telle étude de l'ADN du lynx est une science facilement dure parce que ses objets sont simples et concrets. Une étude de son organisation sociale peut être une science tout aussi dure, mais beaucoup plus difficilement parce que ses objets (la taille, la composition, la durée des groupes, la nature des interactions agressives, sexuelles, de soin des jeunes, etc.) sont plus mous, donc plus difficiles à saisir et à mesurer.

Ainsi, avant 1960, à la question « Pourquoi une mère s'occupe-t-elle de ses petits avec autant de compétence et d'ardeur ? », on répondait : « Par instinct maternel et pour assurer la survie de son espèce. » Ces deux réponses logiques, convaincantes et tout à fait conformes au bon sens sont pourtant complètement inadéquates. Invoquer l'instinct pour expliquer un comportement n'explique rien du tout, c'est équivalent de répondre : « parce que » à une question pourquoi ; c'est une façon de dire : je n'ai aucune idée pourquoi la mère est si maternelle. De même, invoquer la survie de l'espèce n'explique rien du tout. La survie de l'espèce n'est jamais un objectif recherché par l'individu ; elle n'est toujours qu'une conséquence secondaire de la survie et de la reproduction des individus [4, 21, 45, 159].

Alors si l'instinct et la survie de l'espèce, deux réponses pourtant si évidentes, n'expliquent rien, pourquoi une mère est-elle si maternelle ? La réponse est un autre beau fleuron du réductionnisme. Elle s'occupe si bien de ses petits parce que ce comportement a contribué au succès reproducteur de sa

mère [21]. Ses comportements maternels lui sont dictés par des instructions génétiques héritées de ses parents et écrites dans l'alphabet à quatre lettres (A-T-C-G) de l'ADN. Soudainement tout s'éclaire, on possède désormais une réponse objective et scientifiquement satisfaisante aux questions pourquoi en biologie du comportement. C'est ainsi que sont nées la sociobiologie et l'écologie comportementale, deux sciences beaucoup plus dures que l'éthologie des années 1910 à 1970 qui croyait expliquer les comportements individuels et sociaux en invoquant l'instinct et la survie de l'espèce. C'est en fait toute la biologie qui invoquait le bien de l'espèce comme explication à l'époque.

Il fallait effectuer un pas réductionniste, du niveau de l'espèce et de l'individu à celui des gènes, pour réaliser que l'individu, sa survie et sa reproduction ne sont en fait que des trucs inventés par les gènes pour assurer leur propre survie de génération en génération [45]. Ce qui survit ainsi à la mort des individus, ce ne sont pas tant ses enfants, ni même l'objet physique que constitue la molécule d'ADN, mais l'information codée qu'elle porte, écrite dans un langage à quatre lettres. Bien sûr, les gènes ne pensent pas, tout se fait mécaniquement, aveuglément. Ce qui est vrai de « l'instinct maternel » d'une chatte l'est tout autant d'un sapin : il produit des feuilles, des fleurs et des graines au printemps et en été, puis il entre en dormance à l'automne pour tout l'hiver et il semble faire tout cela avec grande intelligence. Il s'agit en fait de l'intelligence de ses gènes. En effet, il fait tout ce qu'il faut et au bon moment en réponse aux instructions, à l'information codées dans son ADN, reçu de ses parents et qu'il transmet à son tour à ses descendants.

On ne peut pas vraiment comprendre la nature vivante sans connaître l'ADN et son rôle de porteur et de reproducteur d'information. Cette information codée est l'objet dur qui permet à la sociobiologie et à la biologie moléculaire d'être de véritables sciences, des sciences dures. Mais ici aussi il faut résister à la tentation d'un excès d'enthousiasme réductionniste. En effet, pour comprendre la vie il est indispensable de connaître l'ADN, mais ce n'est pas suffisant. La mère qui soigne et protège si

bien ses petits n'est pas seulement une longue séquence de A-T-C-G. Pour vraiment connaître et comprendre cette mère, il faut aussi faire appel entre autres à l'embryologie, la physiologie, la biochimie, l'écologie, la neurologie, l'éthologie, autant de sciences dures, chacune avec ses propres objets durs.

Peu importe la mollesse de l'objet, c'est-à-dire la difficulté relative de le saisir et de le mesurer, dans tous les cas, la science peut être, et devrait aspirer à être, tout aussi dure, exigeante, rigoureuse, objective. Plus l'objet est mou, plus le chercheur doit être ingénieux dans ses méthodes, rigoureux dans ses mesures et prudent dans ses conclusions.

Cette distinction entre sciences dures et sciences molles est donc riche de sens à la condition qu'on n'y voie pas la désignation de plusieurs sortes de sciences de valeur inégale. La sociologie est une science molle par rapport à la biologie dans une large mesure parce que c'est plus difficile d'être réductionniste en sociologie qu'en biologie. De même l'écologie est une science plus molle que la biologie moléculaire. La meilleure recette pour durcir la sociologie ou l'écologie n'est sûrement pas le réductionnisme à outrance. Un peu plus de réductionnisme ne ferait pas de tort : définir clairement les objets mesurés et inventer des méthodes objectives pour les mesurer serait un excellent départ, comme l'évolution de l'étude du comportement animal des années 1940 aux années 1980 l'a démontré. Mais un excès de réductionnisme ne peut en aucun cas convenir à l'étude de systèmes complexes dont les propriétés caractéristiques et intéressantes sont émergentes. On peut certes les étudier tout aussi scientifiquement, mais avec plus de difficulté que la simple étude des molécules et des cailloux. Le réductionnisme a fait ses preuves en science, mais il n'explique pas tout.

CHAPITRE 3

Le défi de mesurer

PRENDRE OU CRÉER DES DONNÉES ?

Les mesures que l'on effectue sur les objets étudiés se nomment des données. Le mot est mal choisi puisque ces mesures ne nous sont jamais données, particulièrement lorsque l'objet à mesurer est difficile à saisir et à mesurer. De telles mesures sont obtenues au prix d'efforts considérables ; elles n'ont rien d'un cadeau que la nature nous aurait donné. Non seulement on se trompe en les appelant des données, mais on se trompe encore plus quand on dit que l'on prend des données.

C'est tout aussi faux que l'expression : prendre des photos. S'il ne s'agissait que de prendre, nous pourrions tous être d'excellents photographes. Pourquoi dit-on prendre des photos mais pas prendre des peintures ? Devant un étalage de cartes postales dans un magasin, je peux prendre des photos, c'est-à-dire choisir certaines de ces photos ; et les acheter ; c'est la seule circonstance où on prend des photos ; avec un appareil photo en main on ne prend pas, on fait des photos. Faire une photo demande généralement moins de temps que faire une peinture, mais aucune photo ne se fait toute seule et certaines peuvent demander des heures de préparation même si l'appareil photo lui-même ne demande qu'une fraction de seconde pour enregistrer l'image. En nature ou dans une foule il n'y a aucune photo qui n'attend qu'à être prise. La photo n'existe nulle part tant que le photographe ne l'a pas faite. Pour faire sa photo, il doit d'abord

avoir décidé de photographier tel sujet, sous un angle et à un moment particuliers; s'il veut réussir sa photo, il doit ensuite être attentif à la composition, à l'éclairage, à la profondeur de champ, à la sorte de film et peut-être à la sorte de filtre à utiliser et à la vitesse d'obturation. Tellement d'éléments sont impliqués dans la création d'une photo que cent photographes passant une heure sur le même sentier en forêt ou dans une même foule ne feront pas du tout les mêmes photos.

Il en est de même pour les données; on ne prend pas des données comme on cueille des fraises. J'en ai pris pleinement conscience il y a plusieurs années alors que je travaillais sur un projet d'anatomie fonctionnelle chez les ours. Les données consistaient en des mesures de crânes et de dents des huit espèces d'ours vivantes. Pour trouver des crânes des huit espèces, je devais visiter de nombreux musées et certaines espèces, comme le grand Panda, étaient rares même dans les plus grandes collections. J'ai alors eu l'occasion de participer à un congrès scientifique en Chine et, avant de décider d'y aller, j'ai contacté le Muséum d'histoire naturelle de Beijing où se trouvaient de nombreux crânes de Panda. Les conservateurs du musée se sont montrés très réticents à me donner accès à leur collection parce qu'ils ne voulaient pas qu'un étranger vienne dans leur musée et reparte avec des données. Les conservateurs de ce musée se considéraient propriétaires de ces données. Or, ces données n'existent pas si un chercheur ne les crée pas. Dans les tiroirs de la collection du musée se trouvent des crânes, mais aucune donnée. Devant leur refus de me donner accès à leur collection, je ne suis pas allé en Chine, donc les crânes sont toujours là (je présume), mais sans données.

En science dure, une donnée est une valeur chiffrée qui résulte de l'interaction entre un objet, un instrument de mesure et une question que se pose un chercheur: quelle est la longueur de la canine supérieure chez le panda, ou quelle est la vitesse de la lumière? On trouve en philosophie des sciences d'interminables débats hermétiques sur la réalité ou l'objectivité des faits. Plusieurs philosophes affirment qu'en science il n'y a pas de

faits bruts ou objectifs, indépendants du scientifique. Je ne suis pas d'accord. Je crois qu'ils confondent les objets avec certains aspects des données. S'ils étaient des scientifiques pratiquants, ils ne penseraient pas qu'en science, aucun fait n'est objectif, mais comme ils soulèvent la question, je sens le besoin d'y répondre. Essayons de démasquer ce faux problème.

On construit la science avec des faits comme une maison avec des pierres. Mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison.

Henri Poincaré

L'objet existe tout à fait sans nous, indépendant de nous, alors que la donnée est créée par le scientifique ; sans lui, elle n'existe pas. Imaginez un sapin en forêt, il n'a pas toujours existé, il a un certain âge et à chaque année il grandit un peu. Tout ça est réel et indéniable, ce sont des faits bruts, des réalités intrinsèques au sapin. De tels sapins existaient il y a 200 000 ans avant l'émergence de notre espèce et continueraient d'exister même si notre espèce disparaissait. Maintenant, je peux me présenter en forêt avec mes instruments en main et mes questions en tête et en ressortir avec des données : ce sapin a 82 ans et mesure 12 mètres de hauteur, il a un diamètre de 30 cm à 1 m au-dessus du sol et s'incline vers l'est avec un angle de 10° par rapport à la verticale. Toutes ces valeurs ont quelque chose de subjectif et d'arbitraire, car elles dépendent des questions que je pose et des unités de mesure utilisées, mais elles n'en sont pas moins des faits, des données, des valeurs qui appartiennent à ce sapin. C'est moi qui les ai créées, mais je les ai créées pour les donner à ce sapin. Elles lui appartiennent, c'est son âge en nombre de rotations de la Terre autour du Soleil et c'est sa hauteur en mètres, une unité de longueur arbitraire, mais connue de tous. Ces données sont donc bien réelles et objectives même si sans moi, mes questions et mes unités arbitraires, elles n'auraient jamais existé. J'ai créé ces données non pas dans le sens d'avoir imaginé ces valeurs dans mon bureau, mais dans le sens d'avoir créé des valeurs chiffrées qui disent des vérités au sujet d'un vrai sapin que j'ai rencontré.

De plus, ces données sont indispensables pour faire de la science dure. Elles sont solides, publiques, vérifiables, fiables, dignes de confiance, ce sont des créations précieuses. À partir de ces données brutes, on pourra poser des questions, élaborer des analyses statistiques et des interprétations, des explications (pourquoi penche-t-il de 10° , pourquoi ne mesure-t-il que 12 m à 82 ans ?). Ces analyses et ces interprétations pourront faire l'objet de nombreuses discussions, critiques, contestations, mais personne ne mettra en doute qu'il penche de 10° , a 82 ans et mesure 12 mètres de hauteur.

En fait, on peut faire de la science sans données quantitatives comme le faisait l'éthologie à ses débuts, mais il s'agit dans presque tous les cas d'une étape préliminaire d'une recherche, une étape descriptive, qualitative où on se limite à décrire la forme, les caractéristiques d'un phénomène sans les mesurer. Par exemple, Konrad Lorenz (co-récipiendaire d'un prix Nobel en 1972), un des pères de l'éthologie, n'a jamais publié le moindre chiffre, le moindre tableau de données dans aucun de ses nombreux travaux des années 1950-1970. C'est équivalent à se limiter à dire du sapin que c'est un arbre, résineux, avec un tronc droit et unique portant à intervalle régulier des branches horizontales, dont les feuilles en forme d'aiguilles aplaties sont persistantes, vertes et ornées de deux lignes blanches sur leur face inférieure.

Tout cela est très intéressant, mais la vraie science ne commence qu'à partir du moment où on pose des questions (à quoi servent ces deux lignes blanches, ses feuilles gèlent-elles en hiver ?). Or, on ne pourra pas répondre à ces questions scientifiquement sans faire des mesures chiffrées, sans générer des données quantitatives. Une des grandes vertus de telles données chiffrées est qu'elles constituent des représentations formulées dans un langage mathématique, un langage sans ambiguïté. Si je dis: « ses feuilles sont vertes avec deux lignes blanches », vous n'imaginez pas tous le même vert et on pourrait m'objecter que les lignes ne sont pas vraiment blanches. Quand, par contre, je dis qu'il mesure 12 m, on s'entend tous beaucoup

mieux sur ce que cela signifie. C'est là une des grandes utilités des mathématiques en science. Le sens d'un mot peut provoquer des discussions interminables, souvent stériles (par exemple les mots intelligence, instinct, force, énergie, temps...), mais pas le sens d'un chiffre, ou d'une formule mathématique ; 12 ou π ou $C = 2\pi r$, c'est vrai partout et clair pour tous.

Les mathématiques ne sont pas en elles-mêmes une science. Certains considèrent que les mathématiques et la logique, chères aux philosophes professionnels, sont des sciences dites formelles. Je crois plus juste de les considérer comme une forme de langage au service de la science et particulièrement utile en science. Si les mathématiques constituent une science, c'est une science sans objet propre. On connaît l'objet de l'astronomie, de la chimie, de la biologie, mais quel serait l'objet des mathématiques ? Les mathématiques constituent un outil, un langage avec son vocabulaire et ses règles. Ce langage sert à exprimer concrètement, concisément, sans ambiguïté des descriptions. Dire : « ce sapin mesure 12 m », c'est plus utile pour faire de la science que « ce sapin n'est pas très grand ». Elles servent aussi à faire des comparaisons ($12 < 18$), et des relations ($a^2 = b^2 + c^2$: le théorème de Pythagore concernant les triangles rectangles) d'une clarté et d'une logique parfaites.

Dans ces expressions mathématiques, on ne trouve rien de flou, rien de l'élasticité du sens des mots. Aucune controverse ou discussion ne peuvent être engendrées par $2 + 3 = 5$, $E = mc^2$, $C = 2\pi r$, $a^2 = b^2 + c^2$. Les vérités exprimées par ces formules, ces équations mathématiques, sont claires et sans équivoque pour qui connaît le langage. Ces relations sont indiscutables et universelles : la circonférence d'un cercle égale $2\pi r$ ($C = 2\pi r$) pour tous les cercles de l'univers, sans exception, qu'ils soient microscopiques ou cosmiques ; c'est une loi de la nature, tous les cercles de l'univers s'y soumettent. Pour mieux saisir la valeur de l'équation, essayez d'exprimer la relation entre la circonférence et le rayon d'un cercle sans l'utiliser et sans la valeur chiffrée de π (3,1415...).

Pour qui connaît les symboles et la logique parfaite des mathématiques, $16 \div 2$, $(33 \div 4) - 0,25$ et 4×2 ne sont que trois des innombrables façons d'exprimer le chiffre 8.

PERTINENCE, FIABILITÉ, EXACTITUDE ET PRÉCISION

Pour continuer sur ce thème des données quantitatives, revenons à notre sapin de 12 m et de 82 ans pour examiner quatre notions importantes pour quiconque mesure quoi que ce soit. D'abord la mesure est-elle pertinente, c'est-à-dire utile soit pour décrire le phénomène étudié, répondre à la question de recherche qu'on s'est posée ou tester la validité d'une hypothèse ? Avant même de commencer à mesurer, il faut un minimum de réflexion pour s'assurer que les mesures fourniront les données dont on a besoin. Ensuite, la mesure effectuée est-elle fiable ? Elle le sera si l'instrument utilisé est en bon état, bien calibré et manié avec soin par quelqu'un qui en connaît bien le maniement. De même, on peut s'inquiéter de l'enregistrement de la mesure : a-t-on bien écrit 12 et non pas 13 mètres ? A-t-on inscrit cette mesure pour ce sapin en particulier et non pas son voisin ? Si cette donnée a été transcrite d'un carnet de terrain à une base de données, informatique ou non, sommes-nous certains qu'aucune erreur ne s'est introduite dans la transcription ? Tout cela peut sembler banal dans le cas de la simple mesure de la hauteur d'un sapin, mais même dans ce cas, et à plus forte raison dans tous les cas où l'objet est difficile à mesurer, soit à cause de sa nature (par exemple à cause de sa forme, il est plus difficile de mesurer la hauteur d'un érable que d'un sapin), ou des circonstances dans lesquelles la mesure est effectuée (en forêt dense, sous la pluie), il faut toujours effectuer les opérations de mesure avec le plus grand soin. Après tout, on voudra par la suite traiter ces valeurs chiffrées comme des faits indiscutables, des vérités incontestables. Comme la « prise » de mesure est un apprentissage que tous les scientifiques font très tôt dans leur carrière, quand on nous dit que le sapin mesure 12 m, on sait que c'est fiable, on tient pour acquis que c'est vrai et, dans la grande majorité des cas, on a raison de s'y fier.

On aura d'autant plus confiance aux mesures effectuées par soi-même ou par quelqu'un d'autre, si les deux règles élémentaires suivantes sont respectées. D'abord, s'efforcer de toujours effectuer la mesure exactement de la même façon dans les moindres détails. Si la mesure est difficile à effectuer, il peut même être souhaitable qu'elle soit effectuée par une même personne sur tous les objets étudiés dans un projet donné. Deuxièmement, il importe de décrire très clairement la façon exacte d'effectuer la mesure, ici aussi dans les moindres détails, si nécessaire à l'aide d'images. Une telle description détaillée et claire permettra au lecteur de connaître à la perfection les faits, les vérités que constituent les données présentées. Ceci est encore plus important si l'on veut reproduire la recherche de quelqu'un d'autre pour en confirmer la véracité ou en étendre la validité. Ces deux règles s'avèrent particulièrement importantes dans le cas des mesures difficiles à effectuer avec exactitude et précision, même si l'on s'agit d'objets simples comme un os ou un sapin.

Si l'objet est beaucoup plus mou, la technique de mesure appropriée sera plus complexe et il sera d'autant plus important de la décrire en détail. Ainsi, si la question n'est pas : « quelle est la hauteur de ce sapin ? » mais : « quelles sont les intentions de vote des Québécois aux prochaines élections ? », l'instrument de mesure sera un sondage, c'est-à-dire un protocole d'échantillonnage aléatoire d'un nombre suffisant d'électeurs. Idéalement, on poserait la question à tous les électeurs québécois pour savoir combien ont l'intention de voter pour chacun des partis dans la course. Comme ce serait trop long et trop coûteux de questionner tout le monde, on se limitera à poser la question à environ 1 000 électeurs. C'est le nombre qui, sur la base d'études statistiques préalables, a été jugé assez petit pour être questionné à un coût et dans un temps raisonnables et assez grand pour donner une mesure, ou plus exactement, puisqu'on n'interroge pas tout le monde, une estimation fiable des intentions de vote.

Pour que l'estimation soit fiable, il faut que les personnes choisies ne le soient pas en fonction de leur allégeance politique

et représentent toutes les tranches d'âge, tous les milieux socio-économiques et tous les groupes ethniques de la population du Québec. Un tel sondage est dit scientifique justement parce que les précautions prises pour choisir l'échantillon de 1 000 électeurs interrogés nous assurent que la mesure sera fiable. Par rapport à un tel sondage, si vous interrogez seulement 60 personnes, tous étudiants en architecture, votre sondage n'est pas scientifique. De même, si lors d'une émission de télévision on demande aux téléspectateurs de téléphoner pour répondre à la question: «êtes-vous pour ou contre les mariages gais ? », même si 5 000 personnes appellent, votre sondage n'est pas scientifique parce que votre échantillon s'est choisi lui-même. Il peut très bien être composé en majorité de gens qui sont contre (c'est connu que ceux qui sont pour, quel que soit le sujet, s'expriment moins que ceux qui sont contre), il n'est constitué que d'auditeurs de cette station de télévision, qui écoutent à cette heure, etc.

À la suite d'un sondage scientifique, on ne sera quand même pas en mesure de dire, ni exactement ni avec assurance, quelle proportion des électeurs vont voter pour chacun des partis. D'une part, 15 ou 20% des répondants contactés peuvent ne pas encore avoir décidé pour qui ils voteront et les sondeurs ne savent pas comment ces indécis vont se distribuer parmi les partis. Ensuite, entre le sondage et l'élection, plusieurs peuvent changer d'idée. Enfin, pour des raisons statistiques, l'estimation n'est jamais absolument certaine; c'est pour cela que l'on dit par exemple, «les résultats de ce sondage ont une marge d'erreur, par exemple de 3,5%, 19 fois sur 20». Cela signifie que dans 95% des cas (19 sondages sur 20), le sondeur est confiant que les valeurs obtenues (e.g. 42% vont voter pour le parti A) seront entre 38,5 et 45,5 (42 + 3,5). Dans l'autre 5% des cas (1 sondage sur 20), les résultats de l'élection pourraient être très différents des résultats du sondage. Le travail des sondeurs est donc très scientifique, c'est de la science tout à fait correcte, dure même, mais la nature de l'objet à mesurer est telle que la mesure (l'estimation) obtenue est rarement parfaitement conforme à la réalité.

Étant donné toutes les questions d'ordre éthique que soulèvent les sondages en démocratie (l'éthique électorale, le droit à l'information, les manipulations de l'opinion publique), il est très important que la science des sondages soit objective (dure) et que les citoyens comprennent au moins la nature des problèmes d'échantillonnage et la signification des valeurs statistiques puisque chaque parti s'empressera de les utiliser (certains diraient de les faire mentir) à son avantage.

PRÉCIS OU EXACT ?

Cette notion de fiabilité des mesures n'est pas sans parenté avec leur précision et leur exactitude. Dans la vie de tous les jours, ces deux notions sont à peu près synonymes. Ainsi, quand le *Petit Larousse* définit la précision comme « le caractère de ce qui est précis, exact », il confond les deux. Puis, sous la rubrique « Spécial. », il ajoute au sujet de la précision : « qualité globale d'un instrument de mesure lui permettant de donner des indications qui coïncident, à une haute approximation près, avec la valeur vraie de la grandeur à mesurer » ; ceci est en fait une définition acceptable de l'exactitude, non pas de la précision. Sa définition de l'exactitude n'est guère mieux : « Caractère de ce qui est juste, rigoureux, conforme à la logique » ; pas très éclairant comme définition. Ses définitions des adjectifs précis et exact ne permettent pas plus de les distinguer. Précis : « qui ne laisse aucune incertitude, juste, exact ». « ... qui agit avec exactitude, rigueur ». Exact : « juste, conforme à la règle ou à la vérité ». *Calcul exact* : « qui respecte l'horaire, ponctuel ». Le mot « juste » revient tellement souvent qu'on est tenté d'aller voir sa définition dans l'espoir que le dictionnaire puisse faire mieux que définir la précision en référant à l'exactitude et vice versa. Mais c'est peine perdue. Voyez plutôt : « 2. Au juste : exactement, précisément. *Je voudrais savoir au juste, quel âge il a* ». « 3. Qui est exact, conforme à la réalité, à la règle, qui est tel qu'il doit être ; qui fonctionne avec précision. *Note juste, balance juste* ». « 6. Précis, réglé. *Tir juste* ».

Le *Petit Robert* est encore plus clairement embrouillé. Voici sa définition de précis : « Qui, à la limite, est exact : qui est exactement calculé ». Pour fin d'illustration, il ajoute la citation suivante : « *Est précise la mesure approchée qui diffère peu de la mesure exacte (Lalande)* ». Sa définition d'exact est particulièrement tordue : « Qui est égal à la grandeur mesurée. *Une mesure est exacte, ou absolument exacte, lorsqu'elle n'est ni supérieure, ni inférieure à la grandeur mesurée* ». Si on remplace le mot grandeur par le mot objet, la définition a non seulement du sens, mais est adéquate ; autrement, elle est creuse.

Pour un scientifique, ces définitions embrouillées, qui ne distinguent pas exactitude et précision, montrent que les rédacteurs des dictionnaires n'ont pas compris de quoi il s'agit. Ils tournent en rond, définissant un mot par l'autre comme s'ils étaient synonymes ou comme si l'un des deux (mais lequel ?) était superflu. Pourtant, dans le langage courant, on continue d'utiliser les deux, sentant confusément qu'ils sont distincts, mais étant incapable de mettre le doigt sur cette distinction qui semble subtile et sans importance. Si les dictionnaires eux-mêmes n'arrivent pas à les distinguer, personne ne nous tiendra rigueur d'utiliser l'un à la place de l'autre. Pourtant en science, la différence est très grande ; ce n'est pas du tout une question de nuances ou de cheveux fendus en quatre.

Je parierais gros, qu'en dehors de la science, même les gens les plus éduqués et cultivés ne feraient pas mieux que les dictionnaires usuels. Je crois même que plusieurs scientifiques ne comprennent pas assez bien la distinction entre exactitude et précision pour la faire comprendre à un profane ; même si, dans les faits, la plupart des scientifiques sont intuitivement préoccupés par l'exactitude et la précision de leurs mesures et sont tout à fait capables de mesurer avec exactitude et précision. En effet, on ne peut pas prétendre faire de la science dure si on ne se soucie pas de la précision et de l'exactitude des mesures, surtout si les objets à mesurer sont difficiles à saisir et à mesurer.

Voici donc cette distinction aussi cruciale en science qu'elle est inconnue partout ailleurs. L'exactitude concerne la relation entre une mesure et la vraie valeur, elle parle de la vérité; le sapin mesure-t-il 12 m? Ou, si on veut appuyer plus fort sur l'importance que l'on donne à la vérité: est-ce vraiment vrai que ce sapin mesure 12 m? On n'a bien sûr aucune façon de connaître la vraie mesure, sauf en tentant de la mesurer soi-même, car la hauteur du sapin n'est pas inscrite sur l'arbre. On ne peut donc jamais être absolument certain de la vraie valeur. Elle existe sans doute, mais si on veut la connaître, on n'a pas d'autre alternative que de tenter de la mesurer. Ce qu'on obtient alors n'est pas cette vraie valeur, mais une valeur mesurée, avec toutes nos incertitudes sur sa précision et son exactitude.

L'exactitude est donc la relation entre l'objet et la mesure de l'objet. Ici, je ne peux pas aller plus loin sans dire une première chose sur la précision. Si j'ai mesuré le sapin avec une règle graduée en mètres (elle ne porte qu'une marque à tous les mètres) et que j'ai effectué la mesure avec soin, je peux être absolument certain que ce sapin mesure 12 m et non pas 11 ou 13 m. Dans ces conditions, j'ai produit une mesure parfaitement exacte et j'ai révélé une vérité absolue: ce sapin mesure 12 m. Il est déjà un peu question de précision parce que j'ai spécifié que la règle était graduée seulement en mètres. La précision de la règle c'est 1 m, avec cette règle, je ne peux pas distinguer deux sapins qui différaient l'un de l'autre par moins d'un mètre. De même, si avec cette règle je mesure le même sapin dix fois, toujours avec grand soin, je risque fort de toujours arriver à la même valeur: 12 m.

Ici, je viens de parler de la précision de la mesure. La précision ne concerne pas la relation entre la mesure et l'objet, mais la relation entre des mesures répétées d'un même objet. Si après ma première mesure vous doutez de ma réponse, je peux mesurer le même sapin de nouveau. Si j'arrive toujours à 12 m, nous aurons tous deux confiance que ma mesure est exacte: il mesure vraiment 12 m. Elle sera de plus précise: non seulement il mesure vraiment 12 m, mais je suis capable de le mesurer sans faire d'erreur comme en témoigne le fait que j'obtiens toujours la même mesure.

Pour vraiment saisir la distinction entre la précision et l'exactitude, soyons un peu plus exigeants ; demandons de mesurer le sapin non plus à 1 m près, mais à 1 mm près, avec une précision de un millièmè de mètre. Pour ce faire, il faut bien sûr une règle graduée en mm, c'est-à-dire une règle capable de distinguer deux objets ne différant que d'un mm. Ensuite, il faut savoir où commence exactement le sapin au niveau du sol. Comme cette ligne de démarcation entre le tronc et les racines mesure sûrement moins d'un mètre, on n'avait pas ce problème avec la règle graduée en mètres. Mais, comme cette ligne a probablement une épaisseur de plusieurs mm, notre nouvelle règle, précise au mm près, nous oblige à savoir où commencer notre mesure au pied de l'arbre pour répondre à la nouvelle question qui demande la hauteur exacte du sapin en mm. Avec un sapin, dont la cime se termine par un bourgeon dont les contours forment une ligne plus mince qu'un mm, on n'aura pas ce même problème de savoir où se termine le sapin en haut à 1 mm près. Mais on aurait un grave problème s'il s'agissait de mesurer à 1 mm près la hauteur d'un érable. De même, si la commande était de mesurer le sapin à un micron près (un millièmè de mm), notre règle précise au mm ne pourrait pas y arriver.

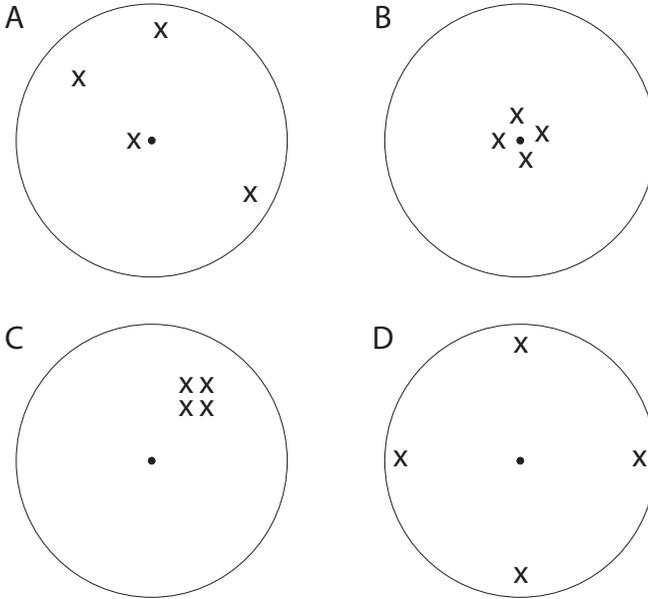
Le degré d'exactitude qu'une mesure peut atteindre ou sa capacité à s'approcher de la vraie valeur, de la vérité absolue, est fonction de la précision de l'instrument et de la précision avec laquelle on choisit d'exprimer ce qu'on appelle la vraie grandeur de la mesure. Si le sapin mesure 12401 mm, je ne pourrai pas obtenir cette vraie valeur, je ne pourrai pas le mesurer exactement avec une règle graduée en mètres. Avec cette règle, je ne peux le mesurer qu'à 1 m près, avec une précision de 1 m. Pour espérer le mesurer exactement, il me faut une règle précise au mm près. Mais avec cette règle, il est peu probable que j'arrive une seule fois exactement à 12401 mm, et si je le mesure 100 fois, il est très peu probable que j'arrive toujours exactement à la même valeur, disons 12392 mm. Étant donné la grandeur de l'objet, la précision et l'exactitude exigées et la difficulté de mesurer l'objet, j'obtiendrai à chaque fois une mesure moins que parfaitement

exacte et je n'obtiendrai probablement pas deux fois le même nombre de mm. Mes mesures vont probablement toutes tourner autour de 12 401 mm ; par exemple, entre 12 350 et 12 450 si je mesure un peu vite, et entre 12 390 et 12 410 si je mesure avec soin. Dans le premier cas, mes mesures sont plus dispersées autour de la vraie valeur, donc elles sont moins précises que dans l'autre cas où j'ai fait plus attention à chaque fois que j'ai mesuré le sapin. Dans le premier cas, j'aurais fait une erreur de ± 50 mm et dans l'autre, ± 10 mm autour de la vraie valeur. Cette erreur est une estimation du degré d'incertitude avec lequel j'ai obtenu la vraie valeur.

Si je ne mesure l'objet qu'une seule fois, j'aurais peut-être obtenu une valeur exacte (même si je n'ai aucune façon de le savoir), mais je ne pourrai rien dire sur la précision de la mesure. Pour parler de précision, il faut par conséquent avoir effectué plus d'une mesure du même objet. L'exactitude concerne la vérité, la précision concerne notre capacité à dire la vérité, notre capacité à éviter les erreurs, notre degré d'incertitude. On vise bien sûr à obtenir des mesures exactes et précises, mais en réalité les trois autres éventualités sont non seulement possibles, mais malheureusement trop courantes. On peut en effet obtenir des mesures inexactes mais précises, exactes mais imprécises, ou même doublement mauvaises, inexactes et imprécises.

Voici une analogie pour illustrer simplement comment précision et exactitude ne disent pas du tout la même chose. Imaginez une cible de tir à l'arc. Le point central de la cible représente la vraie valeur, la vérité absolue que l'on cherche à atteindre. Chaque flèche plantée dans la cible représente une tentative d'atteindre cette vérité, c'est l'équivalent d'une mesure de l'objet. Disons qu'à chaque tour vous lancez quatre flèches, comme si vous mesuriez le même sapin quatre fois.

MYSTÈRE SANS MAGIE



En A votre tir est inexact et imprécis, en B il est exact et précis, en C il est inexact mais précis ; en D il est exact mais imprécis. En effet, en D, si vous calculez la moyenne des quatre flèches, vous tombez en plein centre de la cible, comme en B ; en D chaque tir est inexact mais l'ensemble des quatre tirs donne une estimation exacte de la vraie valeur. Dans les deux cas, vous obtenez la même moyenne, mais en B la dispersion des valeurs autour de la moyenne est faible (la variance est faible comme disent les statisticiens), alors qu'en D, pour la même moyenne, la dispersion des valeurs autour de la moyenne est grande (la variance, l'incertitude ou l'imprécision est grande). Ce serait le cas, par exemple, des mesures d'un objet mou, difficile à saisir et à mesurer (un comportement, par exemple). On pourrait le mesurer avec une exactitude satisfaisante, mais une faible précision.

Quand les mesures d'un même objet sont très différentes les unes des autres, signe d'une grande imprécision, comme en A, si une des mesures est exacte, les autres sont nécessairement très inexactes : si l'une est proche de la vraie valeur, les autres en sont nécessairement éloignées. À l'inverse, quand la précision

est grande (tir groupé comme en B ou C), si une des mesures est proche de la vraie valeur, les autres le sont aussi (B: mesures exactes); à l'inverse, si une des valeurs précises est loin de la vraie valeur, elles le sont toutes (mesures précises mais inexactes, comme en C).

Chaque fois que je vise le centre de la cible, je tente d'être exact, d'obtenir la vraie valeur. Si je considère toutes mes tentatives, j'obtiens une estimation de ma capacité à obtenir toujours la même mesure, ma précision. La précision ne peut pas être évaluée d'un seul coup, il faut tenter à plusieurs reprises d'obtenir la vraie valeur pour connaître la précision, la marge d'erreur, le degré d'incertitude de ma capacité à m'approcher de la vraie valeur. L'exactitude peut très bien s'obtenir d'un seul coup mais, n'ayant aucun moyen indépendant de connaître la vraie valeur, on ne peut jamais savoir si une de nos mesures est exacte.

Il valait la peine de s'attarder sur cette distinction entre exactitude et précision parce que cette discussion en apparence banale est beaucoup plus qu'une question de sémantique: elle est au cœur de l'entreprise scientifique. En effet, il s'agit d'abord de la prétention de la science à dévoiler la vérité sur le monde: ma mesure est-elle la vraie mesure, est-elle une représentation exacte de la réalité. Ensuite, se préoccuper de la précision et la distinguer clairement de l'exactitude est un acte d'humilité et d'honnêteté intellectuelle du scientifique qui reconnaît et qui affiche ainsi son incapacité à dire la vérité à la perfection. Il reconnaît ne pas pouvoir mesurer la hauteur du sapin à un atome près. Enfin, le fait que dans le langage courant exactitude et précision soient interchangeable alors qu'en science elles sont profondément différentes, illustre la distinction parfois fondamentale, mais tout de même toute simple et compréhensible par tout le monde, entre la science et tout le reste, entre la pensée scientifique et la pensée quotidienne (ordinaire).

C'est toute la confrontation de notre raison avec le réel qui se trouve exprimée dans les notions d'exactitude et de précision des mesures que nous effectuons pour tenter de l'appréhender. L'exactitude exprime notre aspiration à connaître la vérité

absolue ; la précision ou, plus justement, l'imprécision, affiche humblement notre incapacité à l'atteindre et témoigne de nos efforts pour l'approcher.

VALIDITÉ INTERNE, VALIDITÉ EXTERNE

Outre sa préoccupation quant à la pertinence, la fiabilité, l'exactitude et la précision des mesures, le scientifique se soucie également de la validité de ses mesures, et ce, à deux échelles. Pour l'illustrer, voici un exemple concret que j'ai vécu dans plusieurs projets de recherche. J'ai en effet réalisé plusieurs études de comportement animal dans des jardins zoologiques. Par exemple, j'ai étudié pendant deux étés au zoo de Calgary le comportement d'un petit groupe de Muntjacs, un petit cerf asiatique, forestier, solitaire et très discret en nature. Le but de l'étude était de dresser le répertoire complet de ses comportements individuels et sociaux et de documenter ce catalogue (que l'on nomme un éthogramme) à l'aide de photos [18]. À l'époque, on ne connaissait à peu près rien du comportement de cet animal tant il est difficile à observer en nature. Les conditions de captivité de ces Muntjacs étaient excellentes, au point qu'ils s'y reproduisaient au même rythme qu'en nature. Les animaux pouvaient donc supposément y exprimer tout leur répertoire comportemental normal et naturel. De plus, étant donné les conditions de vie de l'animal en nature, une telle étude aurait été impossible sur le terrain faute de pouvoir les observer assez souvent et suffisamment de près pour bien voir et photographier leurs comportements.

J'ai aussi dirigé deux étudiantes à la maîtrise qui ont étudié l'allaitement et le sevrage chez trois autres espèces de cerf. Les objectifs étaient de décrire le développement du conflit mère-faon menant au sevrage, d'évaluer les différences d'investissement maternel envers un fils *versus* envers une fille, et de relier l'allaitement à la croissance des faons. Pour répondre à toutes les questions découlant de ces objectifs, il fallait observer des centaines d'allaitements et, qui plus est, dans des conditions d'observation suffisamment bonnes pour savoir qui a commencé et qui a terminé chaque allaitement, pour connaître l'identité de chaque mère et de chaque faon ainsi que l'âge de ce dernier (il fallait donc connaître le

jour de sa naissance). De plus, il fallait pouvoir mesurer exactement la durée, à une seconde près, de chaque allaitement. Vous devinez que ces conditions ne peuvent absolument pas se rencontrer en nature, où on se considère chanceux de voir quelques allaitements dans toute une saison d'observation, sans connaître ni l'âge, ni l'identité des faons, ni la durée exacte des allaitements, que ce soit chez le Daim fauve, le Cerf de Virginie ou le Caribou, les trois espèces étudiées [67, 84].

Vous devinez qu'une étude en captivité était indispensable pour répondre aux questions posées par ce projet de recherche. Comme les conditions d'observation étaient excellentes et les observations très abondantes, tant chez le Muntjac que chez les trois autres espèces, il a été possible de faire des mesures d'excellente qualité. Les mesures étaient pertinentes, fiables, exactes et précises. En d'autres mots, les mesures effectuées avaient une grande validité interne : personne ne pourrait remettre en doute la qualité des mesures elles-mêmes. Cependant, qu'en est-il de leur validité externe ? C'est la validité externe qui inquiète quiconque pose la question, au sujet d'une étude de comportement d'animaux en captivité : « mais est-ce utile pour comprendre l'animal dans son milieu naturel ? » La question est parfaitement légitime. Même si, comme dans les cas décrits, les comportements étudiés ne peuvent pas être mesurés adéquatement en nature, cette justification pour les étudier en captivité ne donne aucune validité externe aux mesures. Cette question de validité externe se pose dans toutes les études, même en nature. Si, par exemple, vous avez effectué une étude impeccable du Caribou de la Gaspésie, cette étude, même si sa validité interne est irréprochable, a une validité externe très limitée ; elle est de peu d'utilité pour comprendre une autre population de caribous, comme celle de la rivière George, par exemple.

Le cas des études en captivité est simplement plus évident parce que les conditions de vie dans un zoo, même dans de grands enclos créant des conditions semi-naturelles et à plus forte raison dans une cage, sont très différentes de celles des animaux dans leur milieu naturel. Dans le cas du Muntjac, la forme des

comportements était probablement la même au zoo et en nature, mais leur fréquence d'expression ou le contexte dans lequel ils étaient produits seraient probablement différents en nature. C'est ce que j'ai pu confirmer par 14 mois d'étude en nature au Sri Lanka [17]. Ces observations sur le terrain ont permis de comprendre certaines observations faites en captivité, c'est-à-dire d'évaluer et, le cas échéant, d'améliorer leur validité externe. Pour ce qui est des deux études d'allaitement, il ne sera probablement jamais possible de faire en nature les observations nécessaires pour évaluer la validité externe des observations en captivité.

Selon les questions posées, ce problème est plus ou moins négligeable. Ainsi, si l'on veut savoir l'âge du sevrage en nature, l'étude en captivité a une utilité limitée puisque l'on soupçonne que l'âge du sevrage est fonction des conditions écologiques auxquelles les animaux sont soumis (température, précipitations, abondance et qualité de la nourriture...). Cependant, si l'on veut comparer l'investissement qu'une mère prodigue à un fils *versus* à une fille, l'étude en captivité est non seulement la seule à pouvoir y répondre, mais sa réponse a une grande validité externe, car la différence d'investissement est probablement très peu affectée par les conditions de captivité. Mais, encore une fois, on n'a pas la possibilité de faire en nature les observations qui permettraient de le confirmer. Il faut alors accepter de bonne grâce la limitation incontournable de la validité externe et surtout ne pas prétendre que nos données ont une validité externe qu'elles n'ont pas.

Toutes ces préoccupations avec la pertinence, la fiabilité, l'exactitude, la précision et la validité externe des mesures font partie des préalables minimums pour faire de la science dite dure, c'est-à-dire objective et solide. Ces préalables préoccupent tous les scientifiques qui font leur métier adéquatement. Ils servent à produire des données dont on pourra dire qu'elles sont solides et que l'on pourra considérer et présenter avec conviction comme des faits incontestables. Quelles que soient les analyses et les interprétations subséquentes de ces données, ces dernières ne seront pas critiquées ni remises en question si on s'est assuré de leur exactitude, précision et validité.

CHAPITRE 4

La dure quête de vérité

La science est l'asymptote de la vérité.

Victor Hugo

LA VÉRITÉ, PARTICULIÈREMENT EN SCIENCE

*La vérité est si obscurcie en ce temps et le mensonge si établi,
qu'à moins d'aimer la vérité on ne saurait la reconnaître.*

Blaise Pascal

Les données représentent des faits sous forme chiffrée. Elles constituent des vérités sur la nature : la lumière voyage à 300 000 km par seconde, cet ours a 14 ans et ce sapin mesure 12 m de hauteur. D'une manière plus générale, on affirme que la science a pour but de chercher la vérité au sujet de la nature : « La science... s'occupe de ce qui est vrai ou faux » (Russell, 1971 : 176). Les données sont la forme la plus simple que peut prendre la vérité en science, toutes les autres formes sont non seulement plus complexes, mais plus controversées, parfois au point de déclencher une réflexion et un débat sur la notion même de vérité. C'est le cas notamment des théories [180]. Il importe de distinguer deux sortes de vérité en science : la vérité d'un fait et la vérité d'une explication. La première ne pose généralement pas de problème pour les scientifiques ; la seconde mérite que l'on tente de mieux définir ce que signifie la vérité.

Pour le scientifique, le sens de vérité ou véracité d'un fait est très simple : c'est le sens qui fait simplement appel au bon sens

du quotidien. Ainsi, sur Terre, la lumière du jour provient du Soleil, le Soleil est plus chaud que la Terre, la formule chimique du sel de table est NaCl, le loup est plus proche parent du renard que du lynx, etc. Ces vérités, révélées par la science, sont incontestables ; ce sont de simples faits indéniables, des vérités aussi absolues qu'il est possible d'atteindre avec notre raison. Ils sont indéniables entre autres parce que, comme toutes les propositions scientifiques, ces faits sont objectifs, publics, accessibles à quiconque veut les contester. Comme personne n'arrive à montrer qu'ils sont faux, on les accepte comme vrais. Quand certains philosophes affirment que toutes les vérités sont relatives, qu'aucune n'est absolue, s'ils incluent des vérités factuelles comme ci-haut, leur position ne présente aucun intérêt pour la science. Le philosophe qui refuse d'admettre comme une vérité « absolue » que la Terre est ronde et plus grosse que la Lune, tient un discours déconnecté de la réalité et ne mérite pas beaucoup d'attention.

Mais puisque le sujet est soulevé par certains, il peut tout de même être utile d'en dire quelques mots, ne serait-ce que pour ne pas être accusé de vouloir taire ce qui serait supposément un problème majeur et fondamental pour la science. Il est facile de concéder au philosophe que toutes les connaissances et toutes les compréhensions dont j'ai conscience sont des réalités intimes, internes ; elles existent toutes uniquement dans mon cerveau. Même si en les disant ou en les écrivant je les sors de mon cerveau pour les communiquer au cerveau d'une autre personne, ces connaissances et compréhensions n'appartiennent toujours qu'au monde mental. Ce sont des modèles mentaux du monde extérieur, ce monde qui existe en dehors des pensées et qui inclut tout l'univers, y compris tous les aspects matériels du cerveau lui-même.

Vue de cette façon, la distinction entre un fait et une théorie n'est plus aussi claire. Ce que j'appelle un fait n'est alors qu'un modèle mental construit à partir de mes perceptions sensorielles, une sorte de réalité virtuelle qui représente dans mon cerveau le monde extérieur. Ainsi il n'est pas faux de dire que la chaise

devant moi, qui possède par ailleurs tout pour être considérée un fait, un objet réel, qui existe véritablement, est en fait une théorie. Je sais qu'elle existe seulement parce que mon cerveau a transformé l'excitation des cellules de ma rétine par des photons de lumière réfléchi par la chaise, en impulsions électriques des neurones du cortex visuel de mon cerveau et en certitude que la chaise est bien là devant moi.

Jouons le jeu du philosophe pour un instant et, au lieu de dire « je sais », disons « je crois » que la chaise est là pour vrai, rétrogradons la certitude en hypothèse. La science nous recommande alors de chercher à confirmer la véracité de cette hypothèse par des prédictions testables grâce à des observations. Je fais alors la prédiction que vous aussi vous voyez cette chaise et je teste cette prédiction en vous demandant si vous la voyez. Si vous répondez par l'affirmative, j'ai alors démontré que si la chaise n'est qu'une illusion, au moins je ne suis pas le seul à halluciner. Si 100 personnes à qui je pose la question disent toutes qu'elles voient la chaise, l'hypothèse voulant que la chaise existe véritablement est plus convaincante qu'au début quand j'étais le seul à la voir. Je continue avec d'autres prédictions : je prédis qu'en la touchant je vais sentir qu'elle est solide, en la soulevant je vais sentir son poids, en la regardant sous divers angles, elle sera toujours visible, en la lançant d'une hauteur de 2 m, elle fera du bruit en touchant le sol, etc. Si toutes ces prédictions se confirment, pas seulement pour moi, mais pour les 100 autres observateurs (ou même pour seulement la plupart d'entre eux, les autres étant pour le moment, présumés aveugles ou sourds), j'en viendrai à être tellement convaincu que la chaise existe véritablement que je n'aurai aucune bonne raison de continuer à en douter. L'hypothèse ou la théorie mentale sera désormais considérée comme un fait. Je pourrai m'asseoir sans crainte sur cette chaise, pendant que le philosophe extrémiste restera debout de peur qu'elle ne soit qu'un mirage. Comme on le verra plus loin, le doute est extrêmement utile en science, mais douter de tout ne mène nulle part.

Bien sûr, dans la vie de tous les jours, tout comme en science, on ne fait pas constamment cette démarche pour démontrer que chacun des faits observés n'est pas qu'une illusion créée par notre cerveau. La science est fondée en entier sur la reconnaissance que ce qu'on appelle des faits existe véritablement, en dehors de notre cerveau. Si on ne fait pas la distinction entre le zèbre, qui existe vraiment, et la licorne, qui n'existe que dans nos cerveaux, on n'a aucun espoir de trouver la vérité sur le monde. On ne peut pas faire de la science, on ne peut faire qu'une sorte de philosophie, amusante pour certains, mais futile pour la majorité.

Reconnaître que les faits représentent une vérité absolue, hors de tout doute raisonnable, est le premier pas incontournable pour faire de la science. Aucun voyage scientifique vers la vérité ne peut commencer sans ce premier pas qui reconnaît pour vraie l'existence de ce qu'on appelle un fait. C'est cette reconnaissance qui fait toute la distinction entre croire et savoir. Le philosophe qui ne fait pas cette distinction et qui affirme que la science n'est qu'une forme de croyance au même rang que les autres croyances (mythiques, religieuses, traditionnelles, légendaires...) même au sujet de la réalité des faits, est sans intérêt pour la science. Il ne peut ni lui nuire ni l'aider ; sa conviction n'a aucune valeur ni aucune pertinence pour la science. Sa position est sans relation avec la réalité et elle ne mérite pas qu'on s'y attarde davantage.

Il est donc clair qu'en science ce n'est pas la négation de la réalité des faits qui nous préoccupe. Cependant, s'il est question de la vérité des explications, alors la réflexion sur la valeur des vérités scientifiques est tout à fait pertinente. Les scientifiques sont les premiers à admettre que les théories qu'ils développent pour expliquer les faits observés dans la nature n'ont rien d'absolu, d'indéniable ou d'éternel. Elles sont tout le contraire des dogmes religieux. La seule question qui se pose et qui mérite notre attention concerne la valeur des vérités scientifiques par rapport à toutes les autres formes de vérité. Toutes les vérités se valent-elles ? Celles de la science sont-elles meilleures ? Sont-elles les seules dignes de confiance ?

La vérité est: «le caractère de ce qui est vrai; adéquation entre la réalité et l'homme qui la pense». La première moitié de la définition est une lapalissade inutile, mais la deuxième moitié est riche de sens: d'une part, elle reconnaît l'existence d'une réalité indépendante de nous et, d'autre part, elle stipule que la vérité n'est pas un absolu désincarné, mais qu'elle émane de l'homme qui pense la réalité. Autrement dit, c'est toujours l'homme qui construit la vérité, ou une vérité, au sujet de la réalité. Le *Larousse* ajoute: «idée, proposition qui emporte l'assentiment général»: si la vérité que j'affirme n'est vraie que pour moi, elle n'a pas la même valeur que si la plupart des gens la partagent. Cependant, en science, la vérité n'est pas décidée par un vote. Avant Copernic (1473-1543), tous les scientifiques étaient convaincus que la Terre était le centre de l'univers; malgré cette unanimité, cette vérité était fausse. Le *Larousse* continue: «connaissance ou expression de la connaissance conforme à la réalité, aux faits tels qu'ils se sont déroulés». Encore une fois, la vérité doit respecter les faits, sinon elle est suspecte. Ce sens courant est tout à fait conforme à celui que l'on donne à la notion de vérité en science. L'explication scientifique a beau être super-élégante, sophistiquée, convaincante, logique ou conforme aux modèles ou aux équations mathématiques dans le domaine, si elle n'est pas conforme aux faits ou si elle contredit les faits observables, elle est fortement menacée de disqualification.

La vérité de Mel Gibson dans son film *La passion du Christ*, la vérité de Michael Moore dans son film *Fahrenheit 9/11*, la vérité de Richard Desjardins dans son film *L'Erreur boréale*, la vérité de la publicité, des médias, de la religion, des sectes, de la politique, de la littérature (par exemple, *Le Code Da Vinci*, *Le roman des Jardins*), de la philosophie ou de la justice, sont très différentes de la vérité de la science. Cette dernière brille par sa distinction par rapport à toutes les autres quêtes de la vérité.

*Même eut-il mille fois
raison, les faits réservent
au théoricien mille
occasions d'avoir tort.*

Jean Rostand

Voici ce qu'en dit l'historien de la philosophie François Châtelet dans *Une histoire de la raison* (1992, p. 149) : « Ce que Kant établit avec une grande fermeté, c'est que, concernant le réel, il n'y a que la science qui puisse développer des énoncés vérifiables. Il n'y a donc que la science dont on puisse dire qu'elle produit des énoncés vrais. » Ça ne veut pas dire bien sûr que la science peut ou pourra connaître toute la vérité sur le monde, ni qu'elle ne peut pas se tromper. Ça veut simplement dire que si sur une question nous connaissons la vérité, c'est à la science que nous le devons. « Je ne peux admettre aucune autre méthode que celle de la science pour parvenir à la vérité » (Russell, 1971 : 139).

La position philosophique qu'on appelle le relativisme post-moderne prétend plutôt que la science n'est qu'une croyance parmi d'autres, que toutes les croyances se valent et qu'adhérer aux explications scientifiques plutôt qu'à celles d'une religion ou d'une mythologie autochtone quelconque, n'est qu'une question de goût personnel [146, 147]. Tous les philosophes ne sont pas d'accord. Un géant parmi eux, Karl Popper (1902-1994), a écrit en 1961 [123] : « Qu'il y ait quelque chose de l'ordre de la vérité absolue et que nous puissions approcher cette vérité, c'est la conviction primordiale de la philosophie de l'Aufklärung (Les Lumières), en opposition au relativisme historique du romantisme » (p. 228). Il ajoute que l'esprit critique en science n'est pas en contradiction avec la conviction qu'il existe une vérité absolue et qu'il nous est possible de la chercher (p. 129) : « Dans l'intérêt de la recherche de la vérité et pour nous émanciper de l'erreur, nous devons nous éduquer : apprendre à considérer nos propres idées avec autant de distance critique que les idées que nous combattons. Ce qui n'implique aucune concession au relativisme ; car l'idée d'erreur présuppose l'idée de vérité. »

Rappelons qu'en science il n'est jamais question de vérité absolue, parfaite et immuable. Le scientifique ne cherche pas cette sorte de vérité dogmatique qui caractérise les religions. Il cherche et il trouve des vérités établies hors de tout doute raisonnable, c'est-à-dire à l'intérieur des limites et des capacités de la raison humaine. Dans ce cadre, les succès de la science sont aussi nombreux qu'indéniables et spectaculaires.

La science a amplement démontré, depuis longtemps et dans tous les domaines du savoir, que ses vérités, toutes provisoires et imparfaites qu'elles soient, sont d'un tout autre ordre que celles des légendes, des croyances, religieuses ou autochtones, ou des charlatans. L'archéologie nous apprend que l'humain serait arrivé en Amérique du Nord il y a environ 13 000 ans en provenance d'Asie par le détroit de Béring (qui était un isthme à l'époque). Plusieurs légendes autochtones prétendent plutôt qu'ils existent sur ces terres depuis « toujours » et que leurs ancêtres lointains étaient de « grands esprits » qui vivaient dans la terre. Si une de ces deux histoires dit la vérité, ce mot ne peut pas avoir le même sens pour l'autre. La vérité de Pasteur et celle d'un chaman Kikuyu ne sont pas équivalentes. Choisir entre l'astrologie et l'astronomie ou le voyage astral et l'astronautique, n'est pas une question de goût si l'on cherche la vérité sur le monde [147].

*La vérité, c'est que
beaucoup d'idées
ne marchent pas.
C'est la réalité matérielle
qui les rejette, pas la
science officielle.*

Michel de Pracontal

Chaque fois qu'un scientifique propose une nouvelle explication, une nouvelle théorie, une nouvelle vérité sur le monde, de nombreux autres dans son domaine se font un devoir et un plaisir de tenter de le contredire. C'est comme cela que l'explication acquiert de la force, se précise, se confirme, ou qu'elle est contredite et tombe dans l'oubli. Dans ce processus de mise à l'épreuve des théories ou des explications, seules les fortes sont renforcées, les autres périssent. Dans tous les cas, la recherche de la vérité est bien servie.

Si la théorie avancée par un auteur s'avère fautive, on ne lui en tient pas rigueur. On ne reproche pas à un scientifique de se tromper (à moins qu'il se trompe tout le temps), mais il subirait de sévères reproches s'il avait tenté délibérément de tromper. On ne reproche pas l'erreur, mais on condamne immédiatement, très fermement et publiquement le mensonge. Il n'y a pas de pire faute en science que de tenter de tromper, que ce soit en falsifiant ses résultats, c'est-à-dire en violant le respect que réclament et que méritent les faits, en faussant les interprétations, en

exagérant les conclusions ou de toute autre façon. Rien n'est puni plus sévèrement en science que le mensonge, signe éloquent de l'importance que l'on donne à la vérité.

Le lien de confiance qui lie les scientifiques dans leur mission de recherche de vérité a quelque chose de pur et de naïf. Comme tous les naïfs, quand leur confiance naïve est déçue, trompée, les scientifiques se révoltent d'une seule voix, ils se cabrent et apparaissent plus que jamais comme les farouches et implacables défenseurs de la vérité qu'ils sont. C'est non seulement la crédibilité publique, mais la survie même de leur entreprise qui en dépend. C'est dans de tels moments où une fraude est découverte que l'on confirme le plus clairement que la mission fondamentale de la science est la recherche de vérité. Qu'il soit parmi ses associés ou ses rivaux, ses compétiteurs ou ses proches collaborateurs, aussitôt exposé, le tricheur ne recevra aucun appui, ni aucune sympathie de la part de la communauté scientifique. La vérité est tellement au cœur de l'entreprise scientifique que le mensonge est une faute impardonnable, inexcusable, et dont on ne peut pas espérer se relever.

Dans une large mesure, c'est grâce à cette culture sévère, cette autodiscipline implacable de la science, que les explications scientifiques sont reconnues comme des vérités dont le statut est différent de celui de la vérité dans tous les autres domaines de la pensée. Les vérités qui nous viennent de la religion, de la tradition, de la révélation, de la simple logique, des opinions, de la littérature, des témoignages personnels, des convictions, même les plus sincères et les plus profondes, sont toutes pulvérisées dès leur premier contact avec les exigences abrasives, corrosives, dévastatrices de la science. C'est à ce prix que l'on peut espérer s'approcher de la vérité.

Cette attitude ultra-exigeante et sceptique de la science ne fait rien pour la rendre plus populaire et attrayante pour les profanes et cette situation ne fait que s'aggraver. Il me semble que jadis le scientifique pouvait plus facilement faire rêver les gens par ses découvertes spectaculaires, surprenantes, impressionnantes (les

galaxies lointaines, immenses et innombrables, l'idée que nous sommes faits de poussière d'étoile, aller marcher sur la Lune et en ramener des roches, harnacher l'énergie du noyau des atomes, décoder le langage de l'ADN, découvrir des formes de vie exotiques et incroyables dans le fond des mers, etc.). C'est là exactement le ton de nombreux documentaires à caractère scientifique sur la nature et c'est ce qui explique leur popularité.

Mais, de plus en plus, alors que les grandes découvertes spectaculaires sont de moins en moins nombreuses (ou qu'elles nous impressionnent moins) et, particulièrement si au-delà des découvertes factuelles, on nous demande des explications, le scientifique est de plus en plus perçu comme un empêcheur de rêver en rond, un sceptique presque impossible à convaincre et qui ne semble jamais pouvoir se satisfaire des explications simples que l'on aimerait entendre. Il ne doute pas de tout, mais il doute beaucoup plus fort et souvent que le citoyen moyen. On lui reproche d'être un saint Thomas, alors que ce dernier est peut-être le seul des douze apôtres qui mérite l'admiration de quiconque cherche la vérité.

Prenons l'exemple récent, véhiculé à répétition par les médias, du présumé sixième sens des animaux qui les aurait sauvés du tsunami du 26 décembre 2004 et qui a tué environ 250 000 humains au pourtour de l'océan Indien. Le scientifique qui affirme que l'on n'a aucune démonstration convaincante de l'existence de ce sixième sens qui permettrait aux animaux de sentir à l'avance la venue d'un tremblement de terre, d'une éruption volcanique ou d'un tsunami, ne sera pas très populaire. On ne veut pas entendre que ce sixième sens n'est probablement qu'un mythe, une légende fondée sur quelques anecdotes pas toujours dignes de confiance. On veut y croire.

[...] le doute tient le rôle de garde-fou face aux tendances de l'esprit humain à avancer des explications farfelues... pour répondre coûte que coûte aux questions qu'il se pose.

Kunth et Zarka

[...] l'homme croit de préférence ce qu'il désire être vrai.

Francis Bacon

Tout être humain porte en lui le goût du merveilleux. Aimer le merveilleux est naturel, mais croire inconditionnellement en sa réalité constitue une grave déficience de l'intellect et une capitulation de l'esprit critique.

Mystag

De plus en plus souvent le scientifique nous annonce que les « pères Noël » de notre imaginaire, de nos désirs, de nos espoirs, de nos croyances n'existent pas. Le seul fait que le scientifique nous affirme que, pour la science, le surnaturel, la magie et le miracle n'existent pas, en fait un être impopulaire, un éteignoir de rêves qui ne pourra jamais rivaliser avec les divers Seigneurs des anneaux et Harry Potter des *box-offices*. On ne voit pas que, ce faisant, le scientifique nous ouvre en échange le chemin vers la

vérité. En échange du fictif, il nous offre le vrai : je crois qu'on y gagne grandement, mais je sais que tous ne seront pas d'accord. Notre cœur d'enfant est déçu à chaque père Noël démasqué ; c'est à ce prix que notre tête, et tout autant notre cœur d'adulte, s'ouvrent à la vérité et à tous ses trésors. La science ne lutte pas contre la fiction ou l'imaginaire, elle peut même s'en nourrir. Elle lutte contre l'erreur et le mensonge. Elle lutte contre l'imaginaire et la fiction qui prétendent dire la vérité. On ne demande pas à une fiction de dire la vérité. On lui demande de nous amuser sans prétendre dire la vérité (confondre la réalité avec la fiction semble une recette gagnante comme en témoignent *Le Code Da Vinci* de Dan Brown ou *Le Roman des Jardins* d'Alexandre Jardin, pour ne citer que deux exemples populaires récents. Quand ce dernier affirme « Tout dans ce livre mérite d'être vrai » ou « Je suis un mensonge qui dit la vérité », je ne peux rien croire de lui).

Il faut vraiment méconnaître la science pour croire que les scientifiques ne sont que des empêcheurs de rêver. Comment pourraient-ils l'être alors qu'ils ont les deux mains dans le coffre aux trésors des mystères du monde ? De plus, contrairement à la fiction, leur imagination et leur audace les amènent à trouver du vrai au lieu de mirages. Entre autres parce que le scientifique cultive le doute, la science est digne de confiance plus que toute autre entreprise pour trouver la vérité. Elle est moins susceptible que toutes les autres recherches de vérité de prendre la pyrite

pour de l'or ou le quartz pour des diamants. Devant un tour de magie spectaculaire et bien réussi, le scientifique peut très bien être tout aussi ébloui et impressionné qu'un enfant, tout comme il est constamment ébloui par les merveilles du monde, des atomes et de l'ADN jusqu'aux galaxies en passant par le sonar des chauves-souris. Mais devant un tour de magie ou une merveille du monde, jamais il ne succombe à la tentation de l'explication facile, surnaturelle, magique ou miraculeuse. Jamais il ne soupçonne le magicien de posséder des pouvoirs autres que celui de créer des illusions. Pour le scientifique, même le plus éblouissant et inexplicable des mystères ne sera jamais mis sur le compte de la magie, du miracle ou du surnaturel.

*On ne doit pas escamoter
l'incompréhensible,
mais non plus s'en servir
comme d'une explication.*

Jean Rostand

Ce n'est pas là une expression d'arrogance ou d'orgueil. Il s'agit d'un engagement ferme à tout faire pour ne pas être trompé et à ne pas crier vérité avant d'avoir d'abord douté, testé, questionné, vérifié et revérifié.

*[...] la science... trouve
dans ses plus grands
triumphes l'occasion de
ses plus grands doutes.*

Jean Rostand

La plupart des vérités scientifiques sont ainsi arrachées, plutôt de force que de gré, à la nature, souvent au prix d'efforts d'imagination et de créativité considérables et d'un travail acharné. La vérité des explications scientifiques n'a décidément rien à voir avec les explications qui font appel à la magie, au miracle ou au surnaturel. La vérité en science est d'un tout autre ordre. Cela ne fait pas de la science une entreprise triomphante ou arrogante. La science est tout au contraire une entreprise humble, pleinement consciente de ses doutes, ses incertitudes, ses questionnements, ses recherches toujours inachevées. Mais dans son humilité, elle ne manque pas d'assises solides, souvent acquises de haute lutte, sur lesquelles elle continue de construire son chemin vers la vérité. L'arrogance et l'orgueil sont des défauts de certains scientifiques, pas de la science elle-même.

La relation de la science avec la vérité est donc unique. La science dit la vérité et elle seule peut le faire au sujet de la nature. Rien de ce que l'on tient pour vrai sur la nature ne vient de l'art, de la littérature, de la religion, de la philosophie, de la tradition, de la révélation ou de toutes les autres formes de pensée. « La critique rationnelle, guidée par l'idée de la vérité, est donc ce qui caractérise la science » (Popper, 2000 : 104). Tout en science tend vers la vérité. C'est une méthode dont les caractéristiques (que nous verrons bientôt) sont conçues spécifiquement pour débusquer les erreurs, les mensonges et les illusions, pour démasquer tout ce qui fait ombrage à la vérité. La science peut

L'impression de certitude est un témoignage certain de folie et d'incertitude extrême.

Montaigne

se tromper, mais elle ne peut pas mentir. Si mensonge il y a, il ne vient pas de la science, mais de certains scientifiques. Si sur une question donnée au sujet du monde, de la nature, de la réalité, la science ne peut pas dire la vérité, rien d'autre ne le peut.

La science est donc capable de dire la vérité sur le monde, mais elle n'y arrive pas toujours, bien sûr. Le vrai scientifique reconnaît qu'il y a encore beaucoup de mystères inexplicés et qu'il y en aura toujours, dans tous les domaines de la science. Chaque nouvelle découverte et chaque nouvelle explication ouvrent de nombreuses portes sur des questions non seulement nouvelles, mais qu'on n'aurait pas été en mesure de poser, ou qu'on n'aurait même pas pu imaginer auparavant. Seuls les ignorants prétendent tout savoir. Ils souffrent en fait d'une double ignorance : ils ne savent même pas qu'ils ne savent pas [49]. Le vrai scientifique est au contraire quotidiennement et douloureusement conscient de son ignorance. L'ignorance ne sera jamais épuisée, la quête de vérité n'aura jamais de fin. L'aventure ne s'arrêtera jamais et elle sera toujours excitante, ce qui n'a rien de déprimant, bien au contraire. C'est pour cela que l'on appelle les scientifiques des chercheurs et non des trouveurs. Le scientifique qui trouve, qu'il soit Einstein, Watson et Crick, ou l'humble artisan qui travaille discrètement, ne s'arrête pas, il se remet à chercher de plus belle sur les nouvelles avenues que lui ouvre sa dernière trouvaille.

Quand la science échoue dans sa recherche de vérité, le scientifique n'a tout de même pas perdu son temps. Il peut avoir identifié un cul-de-sac, une fausse piste ou une faiblesse dans sa méthode. Ce faisant,

La seule chose qu'on ne peut embellir sans qu'elle en périclite, c'est la vérité.

Jean Rostand

il a tout de même fait un petit pas vers la vérité. Cela fait partie des difficultés de la démarche. Même quand la science arrive à trouver la vérité, ce n'est presque jamais facile. Contrairement à toutes les autres démarches qui prétendent à la vérité, chercher la vérité en science est presque toujours difficile. La science n'a rien d'une solution de facilité. Que vous vouliez expliquer l'origine de la vie, l'origine de l'Homme, la nature de la pensée, les causes du cancer ou le réchauffement climatique, la science est de loin la démarche intellectuelle qui travaillera le plus fort pour chercher ses réponses et elle sera toujours la dernière à se déclarer satisfaite de ses réponses. Ses vérités sont toujours acquises au prix d'efforts considérables. Par rapport à cela, les réponses ou les vérités des mythes, des médias, de la tradition, de la fiction et de la religion s'inventent dans le temps qu'il faut pour les écrire, avec une facilité déconcertante. Il suffit d'un peu d'imagination pour inventer de belles réponses cohérentes, élégantes et convaincantes, leur seul défaut étant d'être trop souvent sans relation avec la réalité et la vérité.

TROIS CARACTÉRISTIQUES DE LA VÉRITÉ EN SCIENCE

En résumé, la vérité en science se distingue de toutes les autres par au moins trois caractéristiques. D'abord elle est totalement soumise à la réalité des faits. La science est une esclave enchaînée à la réalité. Tout ce qu'affirme la science est soumis à cette contrainte. Contrairement à la fiction et à la religion, la science ne peut donc pas dire n'importe quoi. Il ne suffit pas que son discours soit cohérent, attrayant et logique ; il faut en plus, et d'abord, qu'il soit conforme à la réalité. Le moindre petit fait peut démolir la plus élégante des théories ou, à tout le moins, lui faire honte en public, la mettre sur la défensive, la forcer à se justifier, à s'expliquer, à s'améliorer.

Les vérités religieuses notamment sont libres de cette contrainte et elles en profitent. Leurs explications des origines en particulier, qu'il s'agisse de l'origine du monde, de la vie ou de l'Homme, racontent n'importe quoi et son contraire, sans soulever la moindre remise en question, la moindre contestation. La vérité inuite diffère totalement de la vérité chrétienne, papoue, maorie, kikuyue ou hindoue. Ces vérités religieuses ou païennes sont tellement déconnectées de la réalité des faits, qu'on est libre de choisir n'importe laquelle, ce n'est qu'une question de goût, ou de tradition. C'est très différent en science. Si deux vérités ou théories sur l'origine de l'Homme se font compétition en science, ce sont les faits qui décideront de la gagnante. Les faits constituent le seul arbitre des vérités en science. C'est un arbitre implacable, vigilant, incorruptible, juste et impartial ; il inspire le respect de tous les scientifiques honnêtes.

La réalité des faits exclut la science de la liste des vérités que l'on peut choisir sur la base de préférences personnelles. La soumission à la tyrannie des faits constitue à elle seule une démarcation très nette entre la vérité scientifique et toutes les autres.

Deuxièmement, la vérité en science est toujours partielle, jamais absolue et parfaite. On peut imaginer que, sur une question donnée, la science ait trouvé la vérité absolue et parfaite, complète et définitive. Mais, même si c'était le cas, la nature même de la science fait en sorte qu'on n'aurait aucun moyen scientifique de le savoir. La forme de la molécule d'ADN, découverte par Watson et Crick en 1953, peut être considérée, sans grand risque de se tromper, comme une vérité absolue. Mais le scientifique n'a ni le moyen ni le besoin de démontrer, à un philosophe ou à un religieux par exemple, qu'il s'agit d'une vérité absolue. Pour faire de la science à partir de cette vérité, le scientifique n'a pas davantage besoin de s'assurer qu'elle est absolue et parfaite. Le développement fulgurant que connaît la biologie moléculaire depuis 1953 découlant des découvertes de Watson et Crick en témoigne avec éloquence. Cette notion de vérité absolue, qui nous vient de la religion et de la philosophie, est sans intérêt,

sans pertinence, sans utilité en science. Discréditer la science parce qu'elle est incapable de trouver la vérité absolue revient à confondre la science avec la religion.

Troisièmement, les vérités scientifiques sont toujours provisoires. Le scientifique est toujours ouvert à l'amélioration éventuelle de ses théories. C'est là aussi une belle manifestation d'humilité. Les vérités scientifiques sont donc tout le contraire des dogmes religieux, incontestables, infaillibles et immuables. Certaines théories ressemblent à des dogmes parce qu'elles durent longtemps. Mais si elles durent longtemps, c'est seulement parce qu'elles sont difficiles à remplacer et elles sont difficiles à remplacer parce qu'elles sont bonnes ; elles expliquent de façon satisfaisante les phénomènes qui les concernent et on n'en a pas encore trouvé de meilleures.

Les vérités que sont les théories scientifiques sont toujours provisoires, mais à des degrés divers. Certaines sont plus solides, plus durables que d'autres, reconnues et acceptées parfois depuis des centaines d'années. Il y a en science du provisoire très durable et digne de confiance, mais même les théories les plus durables ne deviennent jamais des dogmes, elles ne sont jamais à l'abri de la contestation. Elles ne durent pas parce qu'on veut qu'elles durent. Bien sûr, plus elles ont duré, plus il est difficile de les déloger, non pas par un effet de tradition, de sclérose, d'inertie ou d'habitude, mais parce que plus une théorie a résisté aux contestations, plus elle a acquis de solidité, moins il devient probable qu'elle soit facilement délogée. Mais si cela arrivait, on serait tous heureux, même les auteurs de la théorie en seraient heureux : malheureux de s'être trompé, mais heureux de l'apprendre, puisque l'objectif du vrai scientifique n'est pas d'avoir raison, mais de trouver la vérité. Le vrai scientifique n'a donc pas peur d'être confondu. Il espère ne jamais l'être, mais s'il l'était, il prendrait part aux célébrations tout autant que ceux qui ont débusqué son erreur. Il serait heureux que l'on montre son erreur parce que la science serait gagnante, la vérité serait bien servie.

Bien sûr, on ne remplace pas une vérité ou une théorie par n'importe quoi, on la remplace seulement par une meilleure, c'est-à-dire une théorie qui explique mieux les phénomènes en question. C'est ce qui permet à la science d'être une entreprise stable et non pas chaotique. Elle n'est pas en équilibre statique, mais en équilibre dynamique, elle avance, mais sans tomber, comme une personne qui marche. Elle n'est pas figée comme une religion paralysée par ses dogmes ; elle avance, mais en équilibre, d'une manière posée et orientée. Conserver une théorie malgré ses faiblesses et ses défauts tant qu'on n'en a pas trouvé une meilleure permet à la science de s'améliorer. Si on pouvait remplacer une théorie par n'importe quoi, la science irait dans n'importe quelle direction ou tournerait en rond au lieu de continuer à s'approcher de la vérité. La science avance comme ces Loris ou Caméléons qui tiennent fermement de trois de leurs mains une branche avant d'oser lâcher prise de leur quatrième main pour faire un pas hésitant vers l'avant.

Ces trois caractéristiques, respect absolu des faits, ne produire que des vérités partielles et ne produire que des vérités provisoires, font de la science une recherche de vérité radicalement différente de toutes les autres. Toutes les autres formes de vérité sont de l'ordre des croyances, alors que la science produit des connaissances et des explications.

Je suis tout à fait réfractaire au relativisme, cette doctrine qui affirme que toutes les connaissances se valent, ne faisant pas de distinction claire entre l'astrologie et l'astronomie, la révélation biblique et la science, les mythologies autochtones et les explications scientifiques [146, 147]. Contrairement à ce qu'en disent les relativistes, les créationnistes scientifiques et de nombreux autres analphabètes de la science, la science n'est pas une croyance ; ou si elle est une forme de croyance, elle est dans une classe à part par rapport à toutes les autres. La science n'invente pas, elle découvre. Elle a découvert la forme de la molécule d'ADN, la rotation de la Terre autour du Soleil, la sélection naturelle et le rôle des bactéries et des virus dans les infections ; elle n'a rien inventé de tout cela.

L'engagement de la science à se fonder sur la raison et sur le matérialisme [28] n'est pas une simple question de préférence personnelle entre croire ou ne pas croire au surnaturel, au paranormal, à la vie après la mort, à la magie, au miracle ou à l'occulte. Contrairement à ce qu'affirme le relativisme postmoderne, l'attitude de la science n'est pas un *a priori* arbitraire équivalent à celui de la foi, qui ferait de la science une croyance comme les autres. C'est plutôt l'expression la plus forte de la raison face à la distinction fondamentale entre croire et savoir. David Hume (1711-1776) a très bien exprimé cet engagement de la raison et de la science face à quelqu'un qui affirme avoir été témoin d'un miracle. Son argument s'applique tout aussi bien aux promesses chimériques des vendeurs de voitures usagées ou des politiciens qu'à ceux qui prétendent avoir rencontré des extraterrestres ou escaladé l'Everest. Jean Bricmont a très bien formulé la requête de Hume dans sa préface de Sokal 2005 (p. 25): « ... quels arguments me donnez-vous pour qu'il soit plus rationnel de croire ce que vous dites plutôt que de supposer que vous vous trompez ou que vous me trompez ? » En l'absence de tels arguments, il serait tout à fait irrationnel de croire que vous dites la vérité. Il est au contraire parfaitement rationnel de croire que, jusqu'à preuve du contraire, soit vous mentez (vous me trompez), soit vous délirez (vous vous trompez). Seule la raison peut nous aider à distinguer la vérité du délire et du mensonge.

Prétendre que la foi ou la religion peuvent donner accès à une forme de connaissance sur le monde réel et que la science n'est qu'une forme de croyance ou de mythe parmi d'autres est une position pessimiste et obscurantiste postulant que notre raison ne peut rien connaître de vrai sur le monde. Cela revient à refuser de tracer une démarcation nette entre savoir et croire, entre science et magie, entre réalité et imaginaire. C'est une confusion des genres dont les effets peuvent être dévastateurs puisqu'ils embrouillent et dénaturent l'essence autant de la science que de la religion.

Je ne vois ni mérite ni utilité à cette attitude extrême, exagérée, débranchée de la réalité, mettant sur un pied d'égalité l'avion et

le voyage astral comme moyen de transport. J'y vois plutôt le danger de dérives et d'abus nous ramenant tout droit à l'alchimie, à la sorcellerie et autres superstitions du Moyen Âge et de Cro-Magnon, à la noirceur déprimante et paralysante de l'ignorance. Nous avons au contraire tout à gagner à tracer une démarcation très claire entre la science et les vérités scientifiques, d'une part, et toutes les autres formes de vérité, d'autre part.

Les succès de la science à expliquer le monde depuis trois siècles démontrent avec force qu'elle est dans une classe à part. Confondre les vérités de la science avec celles des autres formes de pensée ne rend justice ni à la science ni aux autres formes et ne mène nulle part dans notre quête de vérité. Il ne s'agit pas de défendre la science comme on défend un territoire de chasse, mais de la défendre contre tout ce qui tend à en estomper les frontières, nuisant ainsi à la clarté de sa vision et de sa mission de recherche de vérité.

Il n'existe aucune méthode en dehors de la science pour démontrer ou réfuter quoi que ce soit.

Bertrand Russell

On a vu que la science est la meilleure méthode de recherche de la vérité inventée par l'humain, mais qu'elle n'est pas parfaite. Peut-on espérer trouver mieux ? Est-ce seulement une question de temps avant que

l'on puisse aller au-delà de la science vers une approche de la réalité encore meilleure ? Devrait-on chercher une méthode différente, plus performante pour chercher la vérité, une méthode faisant appel non seulement à la raison, mais à d'autres caractéristiques humaines comme la foi, le mysticisme, la spiritualité ? Que trouverions-nous au-delà de la science, pour employer le titre du livre de John Polkinghorne [120] ? Peut-on concevoir ou imaginer une méthode qui trouverait des réponses encore plus vraies que celles de la science, encore plus proches de la vérité ? Cela me semble bien peu probable.

Je pense que dans la direction empruntée par la science, il n'y a rien au-delà de la science. Encore une fois, ça ne veut pas dire que la science soit parfaite. Elle peut être raffinée dans les détails technologiques de ses instruments ou par l'invention de nouveaux instruments d'observation ou d'analyse. Mais en tant

que méthode pour questionner la nature, je crois qu'on ne peut malheureusement pas faire mieux.

Tenter d'unifier ou de combiner la physique quantique et la spiritualité orientale, pour chercher une meilleure compréhension du cosmos, est peine perdue [36, 118, 119, 152]. Cela peut constituer une belle aventure intellectuelle pour ceux qui le font honnêtement, mais elle ne nous apprend rien sur le monde. Tout au plus pourrait-elle nous éclairer sur la relation de notre raison avec le monde, mais seulement au niveau des émotions, des sentiments, des impressions, pas au niveau de la connaissance.

La science est un des exercices typiquement humains de notre cerveau. Comme on le verra plus loin, la science n'émerge pas de notre nature animale; elle constitue plutôt un élément majeur de notre nature humaine. Avant la science, nous étions moins humains. Cependant, la science ne suffit bien sûr pas pour vivre une vie riche et pleinement épanouie. La science ne suffit pas non plus à trouver la vérité parfaite et totale au sujet de la nature, de la réalité. Mais rien d'autre ne peut combler ses limites et ses lacunes, ni l'art, ni la littérature, ni la philosophie, ni la religion. Ces autres exercices de l'esprit humain sont le plus souvent indifférents, voire hostiles à la science. Dans le meilleur des cas, ils peuvent la respecter, l'accompagner, parfois même l'inspirer et la motiver dans sa quête de vérité, mais ils ne peuvent pas faire le travail à sa place, ni même une partie de son travail [55, 56].

Je ne connais rien qui nous permettrait d'aller au-delà de la science. L'art, la philosophie, la religion, ne vont pas au-delà de la science, ils ne pointent pas dans la même direction. Ils pointent dans des directions autres que celles de la recherche de vérité sur le monde. Ils peuvent grandement enrichir la vie humaine de diverses façons, mais ils ne l'enrichissent d'aucune connaissance et d'aucune compréhension que la science n'a pas déjà acquise.

Si on cherche un sens cosmique ou mystique à notre existence, les chemins de la spiritualité, religieuse ou laïque, de la

méditation ou de la contemplation de la beauté du monde sont plus faciles et plus fréquentés que celui de la science. Le chemin de la science ne mène pas lui-même au sens de l'existence, mais comme il dit la vérité sur la réalité du monde, il dessine un paysage de lumière où chacun, libéré des superstitions et des illusions, peut travailler à construire un sens à sa vie [170].

LA SCIENCE ET LE BON SENS

La recherche de vérité ne se limite pas à la science, ni même à l'humain. L'abeille qui revient à la ruche et danse en présence de ses congénères leur apporte une information sur la nourriture qu'elle a trouvée. Sa danse leur dit à quelle distance et dans quelle direction se trouvent les fleurs qu'elles peuvent aller butiner pour en rapporter le nectar à la ruche. Ces informations sont des vérités sur le monde qui entoure la ruche. Le Fou de Bassan qui revient à sa colonie après un périple de plusieurs jours et de centaines de kilomètres en mer pour se nourrir retrouve sa partenaire sur son nid, reconnu parmi des milliers d'autres. Il rapporte de la nourriture pour ses propres poussins qui, à première vue, sont identiques aux milliers d'autres qui l'entourent. Pour accomplir cet exploit, l'oiseau doit être porteur de nombreuses informations justes et vraies. Il doit connaître de nombreuses vérités sur son monde, simplement pour survivre et se reproduire.

On pourrait multiplier à l'infini les exemples d'animaux qui manifestent une connaissance remarquable et remarquablement fiable de leur milieu. Les chimpanzés qui semblent connaître les vertus curatives de certaines plantes, les éléphants qui, lors de sécheresses exceptionnelles, semblent capables de retrouver des points d'eau qu'ils n'ont pas fréquentés depuis de nombreuses années, le papillon fraîchement sorti de son cocon qui, sans expérience et sans aide, sait quand est venu le moment propice pour migrer vers le sud, dans quelle direction et à quelle distance et qui le fait correctement du premier coup, etc. Toutes ces performances animales, qu'elles résultent d'une programmation génétique « instinctive » ou de l'apprentissage par observation et imitation des adultes, nécessitent des connaissances qui rivalisent avec certaines de celles obtenues par la science. On

pourrait bien sûr en dire autant des connaissances que possèdent les peuples autochtones. Si on demande par exemple aux Papous de Nouvelle-Guinée de nommer toutes les sortes d'oiseaux qu'ils connaissent, ils produisent une liste presque identique à celle des ornithologues spécialistes des oiseaux de la région, seuls les noms diffèrent. La langue inuite comporte semble-t-il de nombreux mots pour désigner autant de sortes de neige. Une étude scientifique de ces sortes de neige montre qu'elles ont effectivement toutes des propriétés physiques distinctes et que ce ne sont pas des vues de l'esprit, mais bel et bien des réalités véridiques. Elles diffèrent les unes des autres par leur densité, leur contenu en air, la forme et l'arrangement de leurs cristaux de glace, leur dureté et quelques autres propriétés mécaniques.

Tous ces exemples concernent la connaissance. Elle peut être instinctive (c'est-à-dire inscrite sous forme de programmes génétiques hérités des parents), intuitive ou sensorielle. Ces connaissances sont le plus souvent acquises simplement par les sens et l'analyse primaire des perceptions sensorielles que l'on appelle le bon sens, le sens commun ou l'intuition. Ces connaissances sont à la fois nécessaires et suffisantes pour survivre et se reproduire, comme en témoignent toutes les espèces vivantes. En effet, même les bactéries, les champignons et les plantes, sans le moindre système nerveux, sans le moindre cerveau, sans le moindre esprit, font preuve d'une forme d'intelligence qui leur dicte de vivre au bon endroit et de la bonne façon selon leurs besoins et les propriétés de leur milieu. Même une plante « sait » que si le sol s'assèche, il faut produire plus de racines pour compenser et que si le soleil se déplace, il faut tourner ses feuilles pour le suivre. À plus forte raison s'il s'agit d'un animal, son système nerveux lui permet un répertoire beaucoup plus étendu de perceptions et de réactions appropriées.

Cependant, même avec le plus gros et le plus sophistiqué des cerveaux, il n'est question ici que de connaissances. Même l'Homme de Cro-Magnon, un membre à part entière de notre espèce, ne possédait que cette sorte de connaissance animale du monde. Peu importe qu'elle ait été beaucoup plus sophistiquée

et acquise dans une large mesure par la transmission culturelle, elle était du même ordre que la connaissance que possèdent les chimpanzés qui pêchent des termites, les saumons qui retrouvent leur rivière natale pour s’y reproduire ou les huîtres qui filtrent l’eau de mer avec une performance remarquable. On peut être raisonnablement certain, au sujet de la nature de la connaissance que possédait Cro-Magnon il y a 40 000 ans, puisque les humains chasseurs-cueilleurs d’aujourd’hui qui ne pratiquent pas la science ne possèdent que cette sorte de connaissance.

La science diffère radicalement de cette sorte de connaissance. Pour connaître, il suffit de voir. J’utilise ici voir pour représenter toutes les perceptions sensorielles. L’animal, qu’il soit humain ou non, qui voit, regarde, observe son milieu et opère une analyse primaire de ce qu’il voit peut acquérir une grande connaissance de son milieu. Mais s’il veut comprendre ce qu’il voit, il doit regarder avec son cerveau ; il doit interpréter ce qu’il voit pour en déceler le sens caché. Seule la science permet de le faire. Encore une fois, la science ne permet pas de tout comprendre et elle ne permet peut-être jamais de comprendre quoi que ce soit à la perfection, mais tout ce qu’on comprend, c’est grâce à la science.

La connaissance est un produit de notre nature animale. On pourrait en dire tout autant bien sûr de la connaissance que possèdent le loup, le saumon ou la moule zébrée. La compréhension est un produit de notre nature humaine. Aucune autre espèce ne possède cette double nature. Sans connaissance, un animal ne survit tout simplement pas. Sans compréhension, il peut très bien survivre, comme toutes les espèces, y compris la nôtre, le démontrent avec éclat et à profusion.

Pour démontrer et illustrer la différence fondamentale entre connaître et comprendre, rien de mieux que d’examiner quelques exemples où la science nous montre que la réalité ou la vérité sont souvent très différentes des apparences. Le cas le plus évident est peut-être celui de la position de la Terre dans l’univers. N’importe quel crabe ou n’importe quel humain qui s’éveille sur une plage voit le Soleil monter d’un côté de l’horizon et descendre de

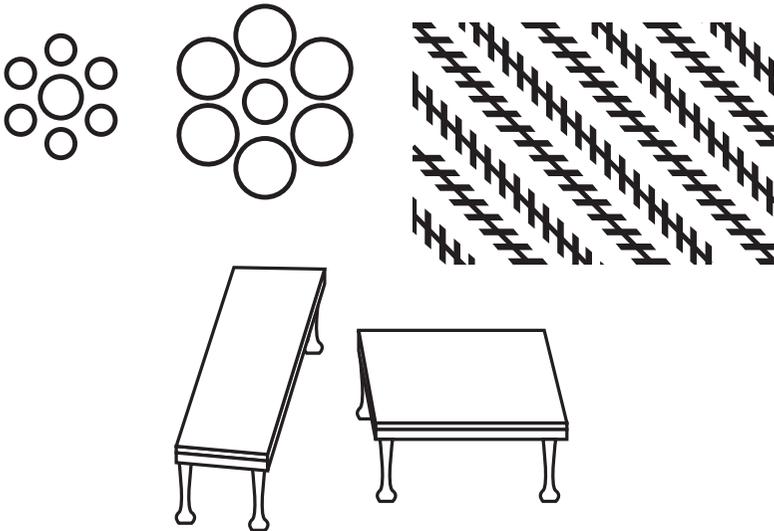
l'autre. De même pour la Lune qui monte le soir et descend le matin. Le crabe ne va pas plus loin dans sa réflexion de crabe, mais l'humain fait une analyse primaire de ces observations, de ces connaissances et en conclut que la Lune et le Soleil tournent autour de la Terre. C'est raisonnable, c'est logique, ça correspond tout à fait à ce que lui disent ses sens et le bon sens. On voit ces astres tourner autour de nous et on ne sent pas la Terre tourner ou bouger d'aucune façon. La conclusion est donc parfaitement raisonnable et il n'y a rien de surprenant qu'elle ait été acceptée par tout le monde jusqu'à Copernic (1473-1543), c'est-à-dire pour le premier 99,5% de l'histoire de notre espèce.

Avant Copernic, à partir du fait observable que le Soleil et la Lune montent et descendent dans le ciel, on avait formulé la théorie du géocentrisme : la Terre est au centre et le Soleil et la Lune tournent autour d'elle. Sur la base des mêmes observations, Copernic a formulé une théorie plus complexe et qui expliquait encore mieux les observations des mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes connues à l'époque : la théorie de l'héliocentrisme. Elle affirme que le Soleil est au centre, la Terre tourne autour de lui, elle tourne sur elle-même, pendant que la Lune tourne autour d'elle. Ça n'a aucun bon sens et on n'aurait jamais pu trouver cela juste en regardant le ciel comme un crabe. Ça n'a pas de bon sens et pourtant c'est vrai, même si c'est contraire aux sens, au bon sens et à l'intuition. Seule une interprétation scientifique pouvait nous révéler le sens caché des faits observés.

Il en est de même pour la dérive des continents, l'évolution des espèces ou une infinité d'autres sujets où nos yeux ne suffisent pas, ou peuvent carrément nous tromper. Avant Darwin (1809-1882), la biologie n'était constituée que de faits, d'observations accessibles à quiconque avait des yeux pour voir. On pouvait voir l'adaptation remarquable de toutes les espèces à leur milieu et même la transformation des espèces dans les suites de fossiles. Mais il a fallu Darwin, avec ses deux théories principales, la descendance commune et la sélection naturelle, pour passer de connaître à comprendre, pour graduer de la découverte des faits

à la découverte des explications. Avant la théorie audacieuse de la dérive des continents de Wegener (1880-1930), on n'avait aucune explication pour les tremblements de terre. Grâce à la dérive des continents et à la tectonique des plaques, on comprend maintenant pourquoi et comment s'est formé le tsunami dévastateur du 26 décembre 2004 dans l'océan Indien. Que peuvent percevoir nos sens de plus solide et immuable que les continents ? Et pourtant, ils flottent à la dérive sur des plaques de la croûte terrestre qui frottent les unes contre les autres à leurs marges ou s'enfoncent les unes sous les autres. C'est incroyable, ça semble directement sorti de l'imaginaire d'un auteur de fiction, ça n'a aucun bon sens, personne n'a jamais vu cela et pourtant c'est vrai.

À eux seuls, nos sens et notre bon sens sont très mal équipés pour comprendre ; ils sont au contraire très faciles à tromper. Prenons deux exemples : les illusions d'optique et les tours de magie. Même après avoir mesuré la grandeur des deux cercles, l'espacement entre les lignes ou les dimensions des deux tables et avoir constaté et démontré que les deux cercles au centre sont égaux, les lignes obliques sont parallèles, et les tables ont la même longueur et la même largeur, nous sommes incapables de les voir égaux et parallèles. Grâce à nos mesures scientifiques, notre cerveau le sait mais nos yeux sont incapables de le voir.



Les illusions d'optique ne se limitent pas à ces trucs de dessins qui trompent notre perception visuelle. Revenons à la Lune et au Soleil. Au moment de leur « lever », quand ils émergent à l'horizon, ils nous semblent plus gros que plus tard quand ils sont au-dessus de nos têtes. Il n'en est pourtant rien, leur diamètre apparent est le même dans les deux cas. De même, vus d'ici, la Lune et le Soleil semblent avoir exactement le même diamètre, alors que le disque du Soleil est en fait 400 fois plus gros que celui de la Lune. Mais comme le Soleil est presque exactement 400 fois plus loin de nous que la Lune, les deux nous semblent de la même taille. C'est cette pure coïncidence qui fait que lors des éclipses totales du Soleil, le disque de la Lune cache exactement celui du Soleil pendant quelques minutes.

Dans ces deux cas, nos sens sont trompés mais notre bon sens est tout aussi vulnérable. Ainsi, sur son orbite autour du Soleil, la Terre est plus proche du Soleil en hiver qu'en été. S'il fait plus froid, c'est que l'extrémité nord de l'axe de la Terre pointe alors en direction opposée du Soleil ; ses rayons nous frappent alors moins longtemps et moins directement ; par conséquent en hiver, le Soleil est moins haut au-dessus de l'horizon à midi qu'il ne l'est en été. Comme l'inverse est vrai pour l'extrémité sud de l'axe de rotation de la Terre, pendant notre hiver, c'est l'été dans l'hémisphère sud. Tant que la science ne nous avait pas révélé tout cela, c'était contraire au bon sens d'affirmer qu'en hiver, la Terre est plus proche du Soleil. C'est pourtant la vérité, une vérité que seul le regard du cerveau pouvait nous révéler. De la même façon, mais pour d'autres raisons scientifiques, il fait plus froid en haute montagne qu'au niveau de la mer, même si là-haut, on s'est rapproché du Soleil. Nos sens et le bon sens peuvent décidément être de mauvais conseil.

Nos yeux sont tout aussi facilement trompés par des tours de magie. Le magicien prestidigitateur de talent crée une illusion parfaite. Tous nos sens, fixés sur les moindres gestes du magicien, nous affirment qu'il vient de scier en deux la belle fille qu'il a enfermée sous nos yeux dans une boîte en apparence tout à fait normale. Et pourtant, elle en ressort absolument indemne. Un

indigène, un enfant ou un adulte crédule ont raison de conclure que ce magicien possède des pouvoirs supérieurs à ceux du commun des mortels. C'est une conclusion tout à fait raisonnable, conforme à nos sens et au bon sens. Mais elle est fausse. Même en ayant été tout à fait trompé par l'illusion, l'adulte sceptique sait qu'il y a un truc, son cerveau le lui affirme, même s'il n'a aucune idée de quoi il s'agit. Malgré tout, malgré son scepticisme et l'attention avec laquelle il a observé la scène, ses yeux ont été trompés.

De la même façon que nos yeux sont facilement trompés par des tours de magie ou des illusions d'optique, notre cerveau peut l'être tout aussi facilement par des illusions cognitives, ou de logique [116]. Ici aussi le bon sens et l'intuition sont de mauvais conseil, seule la science peut nous montrer la vérité qui se cache sous les apparences. Voici quelques exemples, la plupart empruntés à Wolpert [161].

Si je lance une pièce de monnaie et qu'elle tombe pile sept fois de suite, le coup suivant, a-t-elle plus de chance de tomber face que pile une huitième fois ? Non, à chaque coup elle a exactement la moitié des chances de montrer chacune de ses deux faces. Elle n'a aucune mémoire des coups précédents, chaque coup est indépendant des autres. De même à la Lotto 6/49, même si le chiffre 12 n'a pas été tiré depuis des mois, ça n'a aucune influence sur ses chances de sortir au prochain tirage. Le tirage de chacun des six chiffres est indépendant de celui des autres et sans lien avec le passé. Donc, chacune des quelque 14 millions de combinaisons possibles est ni plus ni moins probable que toutes les autres. La série 1, 2, 3, 4, 5, 6 a autant de chance d'être tirée (une chance sur 13 983 816) que toutes les autres. Elle n'a pas été tirée une seule fois depuis les débuts de cette Lotto il y a environ 20 ans, mais la plupart des 13 983 815 autres combinaisons n'ont pas été tirées non plus. Si 1, 2, 3, 4, 5, 6 nous semble moins probable, ce n'est qu'une illusion de logique.

Quand on regarde l'équation suivante : $8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2$, on a facilement l'impression que le résultat sera plus grand que si on l'écrit à l'inverse : $2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8$. De plus,

amusez-vous à jouer le jeu de tenter de deviner, par intuition sans calculer, le résultat de cette opération. Votre estimation sera probablement entre 500 et 1 000. Or la réponse est beaucoup plus grande : 40 320. Si on ne le vérifie pas, on ne le croit pas (ou plutôt on ne le sait pas). Notre intuition est très mauvaise en arithmétique.

Sans calcul scientifique, on est tout aussi mauvais pour juger des accroissements exponentiels. Si sur un échiquier de 64 carrés, je place 2 sous sur le premier, 4 sur le second, 8 sur le troisième, 16 sur le quatrième, 32 sur le cinquième, puis, 64, 128, 256, 512, 1 024, etc., jusqu'à 65 536, sur le seizième, j'aurai alors couvert le quart de l'échiquier avec 131 070 sous, ou 1 310,70 \$, une somme substantielle, mais raisonnable. Si maintenant, en échange d'une immense faveur (une somptueuse demeure sur la Côte d'Azur, un yacht de luxe, un voyage cinq étoiles de cinq ans autour du monde ou une somme de 10 millions de dollars), on me demande de continuer au même rythme pour couvrir tout l'échiquier de sous, je risque fort d'être tenté d'accepter le marché. Après tout, quatre fois 1 310,70 \$ semble bien peu en échange. Ce serait une grave erreur. Les seize premiers carrés étaient les moins coûteux, le pire est à venir et il sera catastrophique pour ma réserve de sous. Pour couvrir tout l'échiquier, il en coûterait en effet une fortune inimaginable. Le dernier carré, à lui seul, coûterait 2^{64} sous, c'est-à-dire 2 multiplié par lui-même 64 fois, soit environ 180 millions de milliards de dollars. Notre intuition, même couplée à notre expérience d'avoir rempli le premier quart de l'échiquier pour seulement 1 300 \$, est tout à fait inadéquate pour évaluer la réalité d'une croissance exponentielle.

En voici un autre exemple. Imaginez un étang sans nénuphar le 31 mai. Vous y voyez un premier nénuphar le 1^{er} juin, puis 2 le 2 juin, 4 le 3 juin, 8 le 4 juin, etc. Si je vous dis que l'étang sera entièrement couvert de nénuphars le 30 juin, à quelle date sera-t-il couvert à moitié ? Comme l'exemple précédent vous a préparés mentalement, vous risquez d'hésiter avant de répondre le 15 juin. Sinon c'est la réponse spontanée la plus plausible, celle que nous dicterait notre intuition. Or, la réponse est bien

sûr le 29. Imaginez que vous soyez un de ces nénuphars, le seul mathématicien parmi tous les autres, et que vers le 20 juin vous commenciez à détecter l'allure de la progression des nénuphars et décidiez de prévenir les autres de la catastrophe qui vous guette. Vous aurez beaucoup de difficulté à les convaincre puisque le 23 juin l'étang ne sera couvert qu'à moins de 1% (0,78%). Vos concitoyens nénuphars faisant confiance à leur intuition vous traiteront de Cassandre alarmiste. Ils auront tort bien sûr et risquent fort de réagir trop tard. La nature d'une croissance exponentielle est facile à exprimer en mots : plus il y a de nénuphars, ou d'humains dans une population, plus leur nombre s'accroît rapidement. Mais si on ne fait pas le calcul de cet accroissement, notre intuition est très mauvaise pour en apprécier sa véritable grandeur et son accélération fulgurante.

Dans un autre domaine où notre sens commun est facile à tromper, imaginons maintenant l'expérience suivante. Dans une prairie parfaitement plane et s'étendant sur plusieurs kilomètres devant vous, vous tirez un coup de feu à l'horizontale. Exactement au même instant, je laisse tomber une autre cartouche que je tenais juste à côté du canon de votre arme. Laquelle des deux balles touchera le sol en premier ? Notre intuition et notre bon sens risquent fort de nous suggérer que la seconde va arriver en premier puisqu'elle couvre une distance beaucoup plus courte que celle projetée au loin par la carabine. Ce serait tout à fait « logique » et conforme au bon sens. Or, les deux toucheront le sol en même temps puisqu'elles ont été lancées de la même hauteur. Le temps que prend un objet pour tomber ne dépend que de la hauteur de sa chute ; il n'est pas du tout influencé par la distance horizontale qu'il parcourt.

Dans une autre expérience, prenons un ballon de « basket » que l'on entoure d'une ficelle pour en mesurer la circonférence (c). Allongeons cette ficelle de 36 cm ($c + 36$ cm) pour en faire un cercle qui entoure le ballon, la nouvelle ficelle tracera un anneau à 5,7 cm du ballon. Maintenant, imaginez un ballon de la grosseur de la Terre. Vous l'entourez d'une ficelle qui l'entoure, à l'équateur. De combien de cm faudrait-il allonger la ficelle

pour qu'elle fasse le tour de la Terre à 5,7 cm de sa surface ? Étant donné l'immensité de la circonférence de la Terre, environ 40 000 km, notre intuition nous suggère tout naturellement que la nouvelle ficelle devra être allongée de plusieurs centaines de km pour y arriver. En fait, 36 cm suffiront, tout comme pour le ballon.

C'est incroyable, mais vrai. Il faut le calculer pour l'admettre. La formule de la circonférence d'un cercle est : $c = 2\pi r$. Si on allonge la circonférence de 36, on allonge le rayon de $36/2\pi$ peu importe la longueur de la circonférence, qu'il s'agisse d'une balle de golf ou du globe terrestre.

C'est contraire au bon sens, contraire à l'intuition et, même après l'avoir calculé, on a peine à y croire. C'est pourtant vrai. La différence de circonférence (dans ce cas 36 cm) est fonction seulement de la différence de rayon (5,7 cm); elle n'est pas du tout influencée par la grandeur du rayon. Que vous ajoutiez 5,7 cm au rayon d'une balle de golf ou à celui de la Terre, la différence de circonférence sera toujours égale à 5,7 fois 2π , c'est-à-dire 36 cm. Même après l'avoir calculé, notre intuition continue à protester contre l'évidence, contre la preuve, contre la raison. C'est comme dans le cas des illusions d'optique où nos yeux voient le contraire de ce que sait notre cerveau. Ici l'intuition s'obstine à contredire la raison.

L'intuition proteste d'autant plus fort si vous avez trouvé la première réponse au sujet du ballon empiriquement, en mesurant avec un ballon et une ficelle plutôt qu'en calculant selon la formule $c = 2\pi r$. On sait en effet que cette formule est une sorte de « loi » de la nature infaillible et valable pour tous les cercles de l'univers, peu importe leur taille. Alors si c'est la loi qui nous donne la réponse, on l'accepte et on essaie d'admettre que c'est la vérité, même si notre intuition résiste et ne peut pas le croire. Mais si on ne connaît pas cette loi et qu'on se fie à la mesure empirique du ballon, on risque fort, en réponse à notre intuition, d'être tenté de partir à pied avec une ficelle pour faire le tour de la Terre pour prouver que notre bon sens ne peut pas se tromper à ce point. Heureusement, $c = 2\pi r$ suffit à nous épargner ce long

périple futile et à confirmer qu'il faut se méfier du bon sens et de l'intuition. La science est bien meilleure pour nous dire la vérité. Quand elle contredit nos sens, le bon sens et l'intuition, elle mérite d'être écoutée avec une attention particulière [172].

Encore ici la définition du *Larousse* est révélatrice : « Le bon sens, le sens commun : capacité de distinguer le vrai du faux... ensemble des opinions dominantes dans une société donnée. En dépit du bon sens : contrairement à la simple raison. » Comme on vient de le voir, la capacité du bon sens à distinguer le vrai du faux est particulièrement faible ; il ne suffit pas qu'une opinion soit dominante dans une société pour représenter la vérité (pensons à Copernic et Galilée au sujet du géocentrisme). Entre le bon sens et la raison, c'est-à-dire le raisonnement scientifique rationnel, ce dernier est certainement plus fiable.

Le sens commun et l'intuition sont sans doute très utiles au quotidien pour fonctionner normalement et réagir utilement face aux circonstances rencontrées dans notre environnement physique et social. Notre cerveau et nos comportements ont été produits par l'évolution pour faire face au monde qui nous entoure et que nous connaissons grâce à nos sens. Notre espèce a très bien survécu pendant 100 000 ans sans connaître Newton, Einstein, Darwin ou Watson et Crick. Même de nos jours, on peut très bien survivre sans comprendre le monde qui nous entoure. On n'a aucunement besoin de connaître les principes du moteur à combustion pour profiter des services d'une voiture automobile, ou de connaître la physique électromagnétique pour produire de la lumière en appuyant sur le commutateur. Pour obtenir le résultat voulu, il n'est pas nécessaire de comprendre comment et pourquoi ça marche ; il suffit d'apprendre ou de connaître.

ILLUSIONS COGNITIVES

Si toutefois on veut comprendre, il faut certainement, à tout le moins, se méfier des erreurs cognitives tout autant que des illusions d'optique [32, 53, 116]. Certaines erreurs cognitives sont particulièrement répandues et sournoises. Toutes sont pleinement conformes à l'intuition et au bon sens, d'où la difficulté de les

débusquer. On a déjà vu une des plus courantes qui concerne la difficulté de juger des probabilités, dans les jeux de hasard comme les jeux de pile ou face, de dés ou la loterie. Voici les autres erreurs de logique les plus courantes.

D'abord, confondre ce qui est typique avec ce qui est probable. Reprenons le jeu de pile ou face. Si je lance une pièce huit fois de suite et je produis les trois séries suivantes :

1. P P P P F F F F

2. P F P F P F P F

3. F F F F F F F F

Laquelle est la plus probable ? Pensez-y bien et faites un choix. La plupart des gens choisissent le numéro 2. Alors qu'en fait les trois sont aussi probables les unes que les autres. En effet, comme la probabilité de chaque côté de la pièce est $\frac{1}{2}$, une série moyenne montrera 50% de pile et 50% de face. Mais ceci est vrai seulement pour une longue série, plus elle est courte, plus elle a de chance de dévier de 50 : 50 par hasard. Mais saisir le sens de hasard intuitivement n'est pas facile. Si vous lancez la pièce 100 fois, la série pourrait très bien être 47 : 53 ; si vous la lancez 1000 fois, il est plus probable que la série soit plus proche de 50 : 50, par exemple 490 : 510, c'est-à-dire 49 : 51. Même si en moyenne on tend vers 50 : 50, ça ne garantit absolument pas une alternance de P et de F (PFPFPFPF-----). En fait, une telle série parfaite est d'autant moins probable qu'elle est longue. La probabilité d'obtenir P au premier coup est $\frac{1}{2}$, la probabilité d'obtenir F au deuxième coup est aussi $\frac{1}{2}$, mais la probabilité d'obtenir F au deuxième coup après avoir obtenu P au premier coup dans la même série est $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$. Donc, la probabilité d'obtenir PFPFPFPF est $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$, ou $(\frac{1}{2})^8 = 1/256$. C'est exactement la même probabilité pour les trois autres séries. Parce qu'on sait qu'à chaque coup la probabilité de voir P ou F est 50% et qu'en moyenne sur une longue série, on obtiendra 50 : 50, on croit à tort qu'une alternance de P et de F est plus probable que n'importe quelle autre série. En fait, une alternance de P et de F est peut-être plus typique, c'est-à-dire

qu'elle nous paraît plus conforme à nos attentes. On serait tenté de dire plus normale, mais elle n'est pas plus probable.

Une deuxième erreur de logique très répandue consiste à donner du sens à une coïncidence, c'est-à-dire à voir une relation spéciale entre deux événements là où il n'y a que du hasard. Par exemple, vous êtes à la maison et vous pensez à une amie que vous n'avez pas rencontrée depuis longtemps. Deux minutes plus tard le téléphone sonne et c'est elle qui vous appelle. Vous risquez d'y voir une synchronicité (comme disent les victimes de cette erreur de logique) pleine de sens. En fait peu importe l'importance que pourrait prendre ce coup de fil dans votre vie, c'est par pur hasard qu'il s'est produit au même moment où vous pensiez à votre amie. Les adeptes de la synchronicité diront que le hasard n'existe pas ou qu'ils ne croient pas au hasard ou que rien n'arrive par hasard. Toutes ces convictions sont sans fondement. Le hasard existe bel et bien et même celui qui transforme notre vie n'est pas moins du hasard pour autant.

On tombe dans ce piège à cause de la mémoire sélective ; on ne se souvient que des cas positifs, on oublie toutes les fois où on a pensé à cette même amie et que le téléphone n'a pas sonné, ou toutes les fois qu'il a sonné, mais c'était quelqu'un d'autre au bout du fil ou toutes les fois qu'elle a téléphoné mais qu'on ne pensait pas à elle. Je crois que cette mémoire sélective est à la source de la plupart des affirmations concernant un présumé sixième sens qui permettrait à de nombreux animaux de sentir la venue d'un tremblement de terre, d'une éruption volcanique, d'un tsunami ou d'un glissement de terrain. Ces événements sont tellement catastrophiques et marquants qu'on risque fort de se souvenir seulement des cas positifs et de n'avoir aucun souvenir de tous les cas où un animal a eu la même réaction (un chien qui se met à aboyer pour rien, un chat qui court dans tous les sens, les oiseaux qui se taisent, etc.) sans que ce soit suivi par le moindre événement inusité. Comment se souviendrait-on des cas où il ne se passe rien ? Imaginez la manchette dans les journaux : « Hier, mon cheval, pourtant toujours si calme et docile, s'est mis à hennir, m'a mordu et s'est enfui au grand galop ; puis, il ne s'est

rien passé. » Pourtant pour évaluer s'il s'agit d'une coïncidence ou non, il faudrait compter tous les cas négatifs, pas seulement les rares cas positifs qui s'impriment dans notre mémoire.

La troisième erreur ou illusion de logique, peut-être la plus sournoise et la plus répandue, consiste à confondre une simple corrélation avec une relation causale. Pour qu'un événement soit la cause d'un autre, il doit se produire avant : la cause précède toujours l'effet (ou arrive en même temps). Mais ce n'est là qu'une condition nécessaire, elle n'est pas suffisante. D'abord un exemple caricatural. On pourrait tracer sur un graphique montrant sur l'axe des x mon âge qui augmente de gauche à droite et sur l'axe des y le prix de la bière qui augmente de bas en haut. On trouverait une relation positive très forte entre les deux variables : plus je vieillis, plus la bière coûte cher. Il ne s'agit bien sûr que d'une corrélation ; il n'y a ici aucun lien de cause à effet : ce n'est pas l'augmentation du prix de la bière qui me fait vieillir, pas plus que mon âge n'influence le prix de la bière.

Il est malheureusement rarement aussi facile de distinguer clairement causalité et corrélation. Prenons un exemple en écologie et un autre dans le domaine de la santé. Dans les années 1940-1950, certains écologistes avaient commencé à noter que les populations de lynx d'Amérique du Nord semblaient être cycliques, manifestant une alternance entre des périodes de grande abondance suivies de périodes de rareté de l'espèce [58]. Ils avaient d'abord noté cette cyclicité dans l'abondance des fourrures de lynx enregistrées par les trappeurs lors des encans annuels. Quand on s'est mis à examiner les archives d'organismes comme la Compagnie de la Baie d'Hudson, on s'est rendu compte que ces cycles se reproduisaient depuis plus de cent ans et semblaient très réguliers, avec une période d'environ dix ans entre les pics et dix ans entre les creux.

Une telle régularité sur une si longue période semblait très curieuse et on s'est mis à chercher quelque chose dans l'environnement variant avec une fréquence de dix ans et qui pourrait être la cause des fluctuations des populations de lynx. Devant une telle régularité sur une si longue période, on pense tout

naturellement aux astres : rien de plus régulier et cyclique que la rotation réelle ou apparente du Soleil, de la Lune, des planètes, des comètes autour de nous. Les almanachs peuvent prédire à la minute près les prochaines éclipses ou le retour d'une comète, tant les cycles sont réguliers. À force de chercher, on a finalement trouvé un phénomène céleste cyclique dont la période était d'environ dix ans : le cycle d'abondance des taches solaires [58]. On croyait avoir trouvé le coupable idéal : la longueur du cycle est exactement la même et les cycles se succèdent avec une grande régularité.

Cependant, les cycles des taches solaires n'étaient pas toujours parfaitement synchrones avec ceux du lynx : les pics d'activités des taches solaires ne correspondaient pas toujours aux pics ou aux creux d'abondance de lynx. De plus, on n'avait aucune idée comment les taches solaires pouvaient affecter l'écologie du lynx, mais faute de mieux, pendant des années, on considérait avoir identifié la cause la plus plausible des cycles de populations de lynx.

Il aura fallu de nombreuses années d'étude de l'écologie du lynx pour finalement réaliser que les populations de lynx sont en fait fortement dépendantes des populations de leur proie principale, le lièvre. Comme le lièvre se reproduit très rapidement (en bas âge, à intervalle court et avec de grosses portées), ses populations peuvent s'accroître très rapidement. Plus il y a de lièvres, plus la végétation dont ils se nourrissent est exploitée et plus les lynx ont la vie facile ; donc plus leurs propres populations s'accroissent. Jusqu'à ce que, sous la double influence néfaste de la dégradation de leur nourriture et de l'intensité de la prédation, les populations de lièvres chutent dramatiquement, entraînant peu après le déclin des lynx et le rétablissement de la végétation, deux conditions favorables à un nouvel élan des populations de lièvres, pour démarrer un nouveau pas dans le cycle [148].

Comme les pics d'abondance de lièvres se produisent un peu avant les pics d'abondance de lynx, on en conclut que même si le lynx et le lièvre s'influencent mutuellement dans ce ballet dont les pas durent environ dix ans, c'est davantage le lièvre qui est

la cause de la cyclicité du lynx plutôt que l'inverse. C'est donc au prix de nombreuses années d'étude de l'écologie des deux espèces qu'on a pu conclure que la correspondance détectée entre la cyclicité des taches solaires et des populations de lynx n'était qu'une corrélation, c'est-à-dire que malgré les apparences, il n'y avait aucune relation de cause à effet entre les deux [79, 81, 106, 148].

Le deuxième exemple concerne le cycle reproducteur de notre espèce. La durée moyenne du cycle menstruel chez la femme est de 28 jours ; c'est l'intervalle moyen entre deux ovulations successives. De plus la durée moyenne de la grossesse est de neuf mois ou environ 280 jours. Pourquoi ces deux valeurs en particulier plutôt que n'importe quelle autre ? Puisque depuis très longtemps on se tourne vers les astres pour expliquer divers aspects de la vie humaine (l'astrologie en étant un exemple extrême), on a remarqué depuis plusieurs siècles que 28 jours, c'est à peu près la durée du cycle lunaire et 280 jours, 10 mois lunaires (pour les puristes on peut distinguer le mois lunaire sidéral : une rotation complète de la Lune autour de la Terre, qui dure 27 jours 7 heures et 43 minutes et le mois lunaire synodique : l'intervalle entre deux pleines lunes successives, qui est de 29 jours 12 heures et 44 minutes). Comme on sait également que la Lune influence les marées et que le bébé baigne dans le fluide amniotique dans le ventre de sa mère, on a vite sauté à la conclusion que la Lune influençait la reproduction humaine. On était convaincu d'avoir trouvé dans le cycle lunaire la cause de nombreux phénomènes réguliers ou cycliques de notre reproduction. Même aujourd'hui la plupart des gens, y compris dans le monde de la santé, sont convaincus qu'il y a plus d'accouchements lors de la pleine lune par rapport au reste du cycle lunaire. Tout cela est tout à fait plausible et raisonnable, mais faux.

En premier lieu, toutes les études statistiques qui ont cherché une relation entre les accouchements et la pleine lune n'ont rien trouvé, même si elles ont examiné des milliers d'accouchements sur de longues périodes [1, 90, 108, 160]. Si on continue à y croire, c'est qu'on est victime des mauvais tours que nous jouent

le hasard et la mémoire sélective. Si on croit que la pleine lune influence l'accouchement, on risque fort de ne se souvenir que des cas où, par hasard, plusieurs femmes ont accouché par une nuit de pleine lune.

Pour ce qui est du cycle menstruel, faisons comme si l'influence de la Lune était une hypothèse qui mérite d'être testée. Pour ce faire, utilisons la méthode scientifique courante (que je vais décrire bientôt) et formulons des prédictions qui découlent de cette hypothèse. Si ces prédictions sont confirmées par des observations de la nature, alors l'hypothèse aura survécu, on aura de bonnes raisons de la conserver ; sinon on aura de bonnes raisons de la rejeter. Je propose trois prédictions. D'abord si la Lune est capable de contrôler les marées au point que l'on peut prédire à la minute et au centimètre près le moment et la hauteur des marées plus d'un an à l'avance, son influence sur le cycle d'ovulation de la femme devrait être telle que la durée du cycle soit toujours exactement 28 jours. Or, la durée normale du cycle menstruel humain varie de 21 à 35 jours. Le cycle de 28 jours dont il est question n'est qu'une moyenne pour l'ensemble des femmes. Donc, si la Lune exerce une influence sur la durée du cycle d'ovulation, elle est très faible.

Deuxièmement, si la Lune contrôle ce cycle, on devrait s'attendre à ce que toutes les femmes ovulent en même temps. C'est le genre de synchronisme qu'on trouve par exemple chez le Caribou ou chez le Gnou (un bovin des savanes africaines). Chez ces deux espèces qui vivent dans un environnement fortement saisonnier, il est primordial pour la survie des jeunes qu'ils naissent au moment le plus favorable de l'année en termes de climat et d'abondance de nourriture. Or, ce moment favorable (début juin pour les caribous et début de la saison des pluies pour les gnous) est de très courte durée, tout au plus 2 ou 3 semaines. Comme la durée de la gestation est fixe, pour que les jeunes naissent tous en même temps, il faut que les femelles ovulent toutes en même temps, sur une période de 2-3 semaines. Pour ce faire, elles sont très sensibles à la variation de la longueur du jour et c'est ce paramètre qui agit comme

déclencheur de l'ovulation chez toutes les femelles, assurant ainsi la grande synchronie des ovulations et, par conséquent, des naissances environ sept mois plus tard. Ce genre de contrôle sévère des ovulations par un signal astronomique (ici le Soleil) est donc tout à fait possible chez les mammifères. Or, chez l'humain la Lune ne semble exercer aucun effet : les femmes n'ovulent pas du tout en même temps et le moment des ovulations ne montre aucune relation avec le cycle lunaire.

Enfin, si la Lune explique que le cycle menstruel est d'un mois lunaire et la gestation de dix mois lunaires chez l'humain, on s'attendrait à ce que les autres espèces de mammifères soient tout autant, peut-être même davantage, influencées par le cycle lunaire. Or, il n'en est rien. Des souris aux éléphants, le cycle d'ovulation varie de 4 à 50 jours et la durée de gestation de 20 jours à 22 mois, avec des valeurs intermédiaires qui ne sont presque jamais des multiples du cycle lunaire de 28 jours. D'ailleurs, si l'influence de la Lune sur la reproduction est exercée par un effet gravitationnel comme c'est le cas pour les marées, le cycle lunaire n'y changerait rien puisque la Lune est toujours présente, même quand on ne la voit pas. Ce qu'on appelle le cycle lunaire n'est qu'un cycle de visibilité, pas un cycle de présence.

On est donc encore ici en présence d'une simple corrélation entre le cycle lunaire et le cycle moyen d'ovulation chez l'humain. Il n'y a là aucune relation de cause à effet. Les deux ont la même durée par pure coïncidence, mais dans notre recherche constante d'explications, on succombe facilement à l'erreur de logique de prendre une corrélation pour une relation causale, aveuglés par la coïncidence de 28 jours.

Une autre erreur de logique courante consiste à confondre les notions d'inégalité et de différence. Si deux objets sont différents, notre esprit semble glisser irrésistiblement vers la tentation de les ranger (les mettre en ordre), de leur chercher une inégalité. Or, pour pouvoir ranger deux objets, il faut pouvoir les représenter par une valeur chiffrée. On peut ainsi ranger des objets ou des personnes par ordre de poids, de longueur, d'âge, de dureté, de

revenu annuel ou de n'importe quel autre paramètre chiffré. Tous ces rangements sont légitimes, mais ils ne représentent qu'un aspect de l'objet.

Imaginons trois cylindres différents dont le diamètre est $A = 8$, $B = 16$, $C = 24$ cm. Sur cette échelle ils sont non seulement différents, mais inégaux et on peut les ranger tout à fait objectivement dans l'ordre décroissant suivant : $C > B > A$. Maintenant, si ces mêmes cylindres ont une hauteur de $A = 40$, $B = 10$ et $C = 4,5$ cm, on peut les ranger tout aussi objectivement, mais dans l'ordre inverse : $A > B > C$, c'est maintenant A qui est le plus grand. Dans les deux cas, la hauteur et le diamètre ne représentent qu'un des aspects des cylindres ; pour les représenter plus complètement, on peut rechercher une autre valeur chiffrée plus synthétique, plus globale pour représenter plus fidèlement les cylindres. Leur volume est une valeur évidente. On constate alors que les trois cylindres ont pratiquement le même volume, soit environ 2000 centimètres cubes. Ils sont donc différents, même inégaux à deux points de vue, mais néanmoins égaux en termes de volume. Leur forme est différente, mais leur volume est égal : $A = B = C$.

Même s'ils sont égaux en volume, on peut tout de même poser la question : « Lequel est le plus grand en volume ? » et y répondre d'une manière tout à fait objective puisqu'on peut représenter les trois cylindres différents sur une même échelle chiffrée. On arrive à une réponse négative : « aucun n'est supérieur aux autres », mais tout de même objective. Maintenant si on ajoute un autre paramètre aux cylindres comme leur couleur, un bleu, un rouge, un vert et qu'on veut encore les ranger, on n'y arrivera pas aussi facilement. On ne pourra pas réduire chaque cylindre à une seule valeur chiffrée qui intégrerait objectivement leur hauteur, leur diamètre et leur couleur, comme on l'a fait pour leur volume, pour ensuite les ranger. On sera limité à dire qu'ils sont différents sans pouvoir parler de leur inégalité. On pourrait trouver une valeur chiffrée pour chaque couleur, soit arbitrairement (par exemple : bleu = 2, rouge = 4 et vert = 6), soit en utilisant la longueur d'onde de chaque couleur, puis trouver une formule, elle aussi arbitraire

(par exemple : diviser ou multiplier le volume par le chiffre de la couleur), pour calculer la valeur chiffrée globale du cylindre et enfin les mettre en rang de nouveau. Mais ici on l'aurait fait au prix de deux décisions subjectives, arbitraires, qui aboutiraient à une valeur chiffrée qui n'aurait pas du tout l'objectivité du volume ou de la masse par exemple. On aurait produit une valeur chiffrée, mais qui ne représente pas objectivement et fidèlement la nature du cylindre, un chiffre qui trahit sa nature.

De même, avec trois verres de boisson alcoolisée : un verre de scotch, un verre de vin et un verre de bière. En volume, le premier est le plus petit, en pourcentage d'alcool il est le plus grand, mais en contenu absolu d'alcool pur, les trois sont égaux : différents mais néanmoins égaux (si les volumes sont 60, 200 et 500 ml et les concentrations d'alcool : 40, 12 et 5% respectivement, les trois contiennent environ 25 ml d'alcool).

Au-delà de ces exemples simples et sans importance, confondre différence et inégalité peut avoir des conséquences sociales graves ; pensons au sexisme, au racisme, aux discriminations fondées sur les différences de religion, de langue, de richesse ou de quotient intellectuel. Il existe toute une littérature qui, pour promouvoir particulièrement l'égalité des sexes et des races, tente de nier l'existence des différences entre les sexes et les races. C'est à mon avis une entreprise dont l'objectif est louable, mais fondée sur une illusion ou une erreur de logique. On peut être égaux même si on est différents, comme les cylindres et les verres de boisson le démontrent. Nier l'existence des races ou ignorer les différences entre les sexes sont des entreprises vouées à l'échec parce qu'elles découlent d'une motivation elle-même fondée sur une erreur de logique qui consiste à croire que si on est différents, on est nécessairement inégaux.

Si on se fie à notre bon sens et à notre intuition, on est aussi très mauvais pour juger du risque réel d'une situation. Notre évaluation intuitive du risque est souvent mauvaise conseillère par rapport au risque réel. Par exemple, presque personne n'a peur de voyager en voiture automobile alors que de nombreuses personnes ont peur de voyager en avion. Cette distinction a

beaucoup de bon sens. L'évolution ne nous a pas du tout préparés à être à l'aise et paisibles en vol, à 10 km du sol et à 800 km à l'heure. Nous sommes confortables sur le plancher des vaches, là où toute notre histoire évolutive s'est déroulée. S'habituer à rouler en voiture, même à 120 km/heure, c'est beaucoup plus proche de notre nature que de voler (pour voler, non seulement on va vite, mais on défie la gravité). De plus, chaque écrasement d'avion renforce notre intuition ; c'est toujours un événement catastrophique, spectaculaire, souligné avec force par les médias, démontrant le bien-fondé de notre peur de voler. De plus, on ne s'attend pas à survivre à un écrasement d'avion alors qu'on s' imagine facilement sortir vivant d'un accident de voiture.

Pourtant, calculé en termes objectifs, par exemple en nombre de morts par million de passagers et par million de km parcourus, l'avion est beaucoup plus sécuritaire. On a beaucoup plus de chance de mourir au cours d'un trajet de 1 000 km en voiture qu'en avion. Même sans compter les risques d'être gravement blessé, très élevés en voiture et presque nuls en avion, puisqu'on sort rarement vivant d'un écrasement d'avion, le risque réel de voyager en avion est énormément plus faible que la perception que l'on a de ce risque. Notre intuition, qui minimise les risques de voyager en voiture, fait tragiquement fausse route. Mais pour quelqu'un qui a peur de voyager en avion, la raison n'est d'aucun secours ; l'intuition et le sens commun sont aussi puissants qu'erronés.

On commet la même erreur de jugement de l'autre côté de l'équation quand il est question d'évaluer les gains. Par exemple, lors des tirages de loterie, on vend plus de billets quand le gros lot est plus gros, pourtant le joueur n'a pas plus de chances de gagner. C'est comme s'il se disait que ça ne vaut pas le coup de jouer quand le gros lot n'est que de 5 millions (une somme en soi faramineuse pour le joueur moyen), mais s'il est de 15 millions, alors cela vaut le coup, comme si le gain escompté influençait la probabilité de gagner. Les loteries et les casinos sont conçus spécialement pour faire perdre les joueurs. Notre raison le sait, mais notre espoir intuitif de gagner est plus fort et il suffit de

doubler le gros lot pour nous tromper encore plus. La pensée rationnelle n'est décidément pas un instinct naturel.

Même dans les situations plus familières, notre évaluation intuitive est très facilement trompée. Si, à la suite d'une maladie ou d'une intervention chirurgicale, le médecin nous annonce que pour un tel cas le taux de survie après 5 ans est de 91 %, on aura l'impression d'entendre une meilleure nouvelle que s'il nous dit que le taux de mortalité est de 9 % sur 5 ans. Dans notre état du moment, notre intuition voit plus facilement la moitié pleine que la moitié vide du verre. De même, si le prix d'un objet en magasin passe de 100 \$ à 200 \$, le 100 \$ d'augmentation nous semble plus gros que s'il s'agit d'un objet dont le prix passe de 2 500 à 2 600 \$. Notre sens commun est trompé ici par la différence entre la valeur absolue et la valeur relative. Dans un cas, l'augmentation est de 100 %; dans l'autre, elle n'est que de 4 %, mais nous avons alors tout de même 100 \$ de moins en banque dans les deux cas.

Le répertoire de nos illusions de logique est aussi riche que la diversité des illusions d'optique. Ces erreurs cognitives ne sont pas très graves si l'on veut seulement connaître et comprendre juste assez pour fonctionner normalement et survivre. Tous les animaux y arrivent très bien. Un enfant apprend grâce à ses sens, à l'analyse primaire de ses perceptions sensorielles, à son expérience personnelle, à l'imitation, à l'écoute de ses aînés, à son intuition et à son raisonnement logique. Tout cela lui procure une vision de bon sens, de sens commun du monde, mais pas une vision scientifique ou véridique de la réalité. Le sens commun suffit à satisfaire l'utilitaire; pour comprendre le monde, la science est indispensable.

À peu près tout ce que la science nous apprend sur le monde est aussi inaccessible à notre bon sens et à notre intuition, qu'au bon sens d'une huître ou à l'intuition d'un lapin. La physique nous dit que l'espace est courbe, le temps se contracte et la matière la plus solide est constituée à 99,999 % de vide, à tel point qu'un neutrino venant de l'espace peut traverser la Terre sans entrer en collision avec la moindre particule. Tout cela est en flagrante contradiction avec nos sens, notre bon sens, notre sens

commun et nos meilleures intuitions. C'est pourtant vrai. Pour comprendre la nature de la science et en apprécier la valeur, il suffit de constater, d'une part, jusqu'à quel point notre intuition, nos sens et le bon sens nous trompent depuis toujours avec une facilité et une conviction déconcertantes et, d'autre part, que seule la science, malgré sa jeunesse et ses limites, peut nous ouvrir les yeux de la raison et nous dévoiler la vérité souvent si bien cachée sous les sensations et les apparences. La science n'est pas tant le contraire du bon sens, bien qu'elle le contredise souvent [161, 172]. À plusieurs points de vue, la méthode scientifique s'apparente au bon sens que l'on utilise tous pour fonctionner au quotidien, mais les conclusions de la science sont très souvent contraires au bon sens. Seule la science permet de comprendre la nature ; elle seule sait lui faire dire la vérité malgré les illusions et les erreurs qui peuvent nous tromper avec une facilité désarmante.

CHAPITRE 5

La méthode et son usage

LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE

La méthode expérimentale [...] n'est rien autre chose qu'un raisonnement à l'aide duquel nous soumettons méthodiquement nos idées à l'expérience des faits.

Claude Bernard

Aucune description de la méthode scientifique ne peut satisfaire tous les scientifiques et tous les philosophes. Plusieurs, dans les deux camps, prétendent même que cette méthode dont la science se réclame n'existe pas vraiment. Il y a, je crois, un malentendu. Il existe de toute évidence une méthode de raisonnement et d'action commune à toutes les sciences même si dans les détails elle peut varier d'une discipline à l'autre. De plus, un scientifique peut très bien accomplir son travail de recherche sans être formellement conscient de la méthode qu'il utilise, tant elle lui est une seconde nature. Mais même sans en être conscient au quotidien, il est tout de même fidèle à une méthode qu'il saurait reconnaître s'il prenait le temps d'y penser.

Plusieurs auteurs, même parmi les scientifiques (par exemple Medawar et Gould), ont affirmé à diverses occasions que la méthode scientifique est un mythe. L'idée est clairement exprimée dans le *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* [86] qui consacre quatre pages (p. 636-639) à la rubrique *Méthode*, mais qui commence par dire : « qu'il n'y a pas de méthode scientifique ». Que peut bien signifier cette négation de la méthode ? Je crois que ces auteurs veulent dire

que cette méthode est souvent implicite dans le travail quotidien du scientifique plutôt qu'une recette affichée sur les murs du laboratoire et suivie à la lettre. Ensuite, ils veulent probablement souligner qu'elle n'est pas une recette simple et infaillible qui mène en ligne droite à la vérité à tout coup, même pour le premier venu qui l'appliquerait. Troisièmement, ces critiques veulent souligner que même les meilleurs chercheurs suivent souvent une démarche plus tortueuse que ce que pourrait laisser croire la description simplifiée de la méthode scientifique. On la trouve en effet presque toujours en compagnie d'une bonne dose d'intuition, d'imagination, d'audace, d'essais et d'erreurs et d'improvisations souvent infructueuses.

Enfin, quand certains critiques nient l'existence d'une méthode scientifique, ils veulent souvent indiquer que la méthode expérimentale simple telle qu'enseignée dès l'école secondaire (observation – hypothèse – expérimentation – conclusion) ne représente pas l'essentiel de la pensée scientifique et ne s'applique pas à toutes les investigations accessibles à la science.

Toutes ces nuances ne touchent pourtant pas au fait que la science est une façon de penser particulière, une façon de comprendre le monde et de chercher la vérité radicalement différente de la recherche de vérité en droit, en philosophie, en art, en littérature ou en religion. Non seulement la méthode scientifique possède des caractères qui lui sont propres, mais elle seule donne accès à des connaissances nouvelles et, surtout, à des compréhensions inédites et véridiques. La religion et la philosophie peuvent servir à beaucoup de choses, mais pas à comprendre le monde (je laisse aux spécialistes le soin de nous dire à quoi elles servent exactement). Affirmer que la méthode scientifique n'est qu'un mythe est non seulement faux, mais ne sert en rien la recherche de vérité. C'est un cas où on jette le bébé avec l'eau du bain. D'ailleurs, plusieurs des auteurs qui insistent pour dire que la méthode simple, infaillible et suivie à la lettre n'est qu'un mythe, sont parmi les meilleurs utilisateurs de la méthode scientifique et s'empressent de la décrire comme ils l'entendent [97].

ASPECTS PHILOSOPHIQUES DE LA MÉTHODE

La méthode expérimentale, qui proclame la liberté de l'esprit scientifique et secoue le joug de la philosophie et de la théologie, ne doit pas admettre une autorité personnelle.

Robert Clarke

La méthode scientifique n'est pas avant tout une série de gestes comme une méthode d'apprentissage de la guitare ou d'une langue étrangère. C'est avant tout une attitude, un engagement intellectuel, une conviction intime et profonde. Si j'étais sûr que le lecteur n'y voit aucune connotation religieuse, j'oserais même dire que la méthode scientifique exige d'abord et avant tout une sorte de profession de foi, l'adhésion à une forme de credo. Le credo de la science est fait de deux affirmations apparentées et d'égale importance.

D'abord, la conviction que nous pouvons comprendre le monde avec notre raison. On peut chercher et trouver la vérité sur le monde et ce que l'on trouve est réel et vrai. Pour faire de la science, il faut en effet d'abord être convaincu qu'il existe une réalité indépendante de nous et de nos perceptions. Même si nos perceptions sont inévitablement subjectives, elles constituent une représentation fidèle du monde objectif et utile pour le comprendre. La science repose donc d'abord sur la conviction que le monde des choses matérielles, ce que Popper appelle le monde-1, existe vraiment, qu'il existait avant nous et qu'il existe indépendamment de nous et des perceptions que nous en avons. Il inclut les objets matériels, les forces, les énergies, les relations, les interactions et les propriétés émergentes comme la vie et l'esprit. Popper reconnaît ensuite le monde-2, constitué de tous les vécus conscients (et inconscients). Ce monde n'existe que pour les animaux, c'est-à-dire des êtres vivants munis d'un système nerveux. C'est le monde des perceptions sensorielles et des sensations. Puis le monde-3, « celui des produits objectifs de l'esprit humain, que les anthropologues nomment la culture » (Popper, 2000 : 35). Ce monde-3 inclut les questions, les concepts, les problèmes et les théories scientifiques.

On ne peut pas faire de la science si on croit que le monde-1 n'est qu'une illusion, ou si on croit que ce que notre raison croit découvrir au sujet du monde-1 n'est en fait qu'un mirage qui n'existe que dans le monde-2. La science est tout entière fondée sur la conviction que la lumière, la gravité, l'atome, les truites, le sable, l'ADN et la sélection naturelle sont des réalités qui existent vraiment et que ce qu'on en a découvert correspond fidèlement à ce qu'elles sont véritablement. Cette conviction ferme et confiante n'est pas une hypothèse au sens scientifique du terme puisqu'elle est indémontrable par la science elle-même. C'est plutôt une croyance, mais elle a tellement fait ses preuves qu'en douter serait pervers, pessimiste, obscurantiste et stérile. Affirmer que l'existence de la réalité et que notre capacité à la connaître et à la comprendre ne sont que des croyances serait comme affirmer que le crayon que je tiens en main présentement n'est qu'une pareille croyance ainsi que le livre que vous lisez à l'instant même, que le Soleil et que mon cœur qui bat, etc. On peut bien sûr continuer cette liste à l'infini et continuer à y croire. Mais si c'est le cas, si on doute de l'existence de la réalité et de notre capacité à la connaître et à la comprendre, je ne sais pas quelle sorte de vie on peut mener, mais on ne peut sûrement pas faire de la science.

Comme l'a exprimé Einstein, rien n'est plus incroyable et fascinant pour le scientifique que de constater qu'il soit capable de comprendre le monde, ne serait-ce que partiellement et imparfaitement. Comme on le verra plus loin, le doute est au cœur de la démarche scientifique, mais la démarche ne peut pas démarrer si au départ on doute de l'existence de la réalité et de notre capacité de la comprendre. Cette forme de scepticisme radical qui doute de tout, y compris de la logique et de la réalité des faits, ne mène nulle part. C'est un doute paralysant que la science laisse à la philosophie. Affranchie de ce genre de doute, la science a amplement prouvé qu'elle peut avancer très loin dans sa recherche de vérité et que ce qu'elle trouve a toutes les apparences de la vérité. Même le plus sceptique des philosophes

ou le plus relativiste des sociologues postmodernes est à même de le constater et d'en profiter chaque fois qu'il prend un médicament, utilise son ordinateur ou voyage en avion.

Le deuxième énoncé du credo de la science est qu'elle est fondamentalement matérialiste: elle est fondée en entier sur la conviction que tout ce qui existe dans le monde, tout ce qui est réel, est de la matière. Cela inclut des propriétés émergentes comme la vie ou l'esprit qui découlent de la matière. Autrement dit, tout ce qui existe est naturel et il n'existe rien de surnaturel. Le matérialisme est une qualité naturelle de la science: elle est matérialiste comme le Soleil est chaud et brillant. Nombreux sont ceux qui reprochent à la science d'être matérialiste. Ils voudraient la colorer, la diluer, la miner, l'empoisonner même par d'innombrables tentatives d'intrusions mystiques, spiritualistes, religieuses ou nouvelâgeuses. À l'instar de Sokal 2005, Sokal et Briemont (1999), Dubessy et Lecointre (2003) et Dubessy, Lecointre et Silberstein (2004), il faut lutter contre ces mystifications toxiques dont le créationnisme scientifique et le relativisme postmoderne ne sont que deux exemples influents. On nuit à la science en voulant la rendre moins matérialiste. Et nuire à la science, c'est nuire à la raison, à la connaissance, à la compréhension du monde et repartir vers l'ignorance, la superstition et l'obscurantisme du Moyen Âge.

La deuxième conviction du credo de la science, c'est donc que ni le surnaturel, ni la magie, ni le miracle n'existent. Le scientifique rejette systématiquement, catégoriquement, sans nuance et sans appel toutes les explications qui invoqueraient, même partiellement et de très loin, le surnaturel, la magie et le miracle. Il s'agit ici aussi d'un acte de foi si l'on veut l'appeler ainsi puisque, en effet, la science elle-même est incapable de démontrer que le surnaturel, la magie ou le miracle n'existent nulle part dans l'univers, n'ont jamais existé et n'existeront jamais.

*Le recours au miracle est
un autre critère distinctif
d'un résultat faux.*

Michel de Pracontal

La science est tout de même grandement confortée dans sa croyance par le fait que ceux qui croient au surnaturel, à la magie et au miracle sont tout aussi incapables d'en démontrer l'existence et n'ont jamais rien découvert d'utile dans ces mondes imaginaires. Il semble donc que le surnaturel, la magie et le miracle soient condamnés à n'exister que sur le terrain des croyances, de la foi aveugle, donc à être bannis du terrain de la connaissance et de la raison. De plus, la science a amplement démontré, à d'innombrables reprises et dans tous les domaines, qu'elle n'a pas besoin de recourir au surnaturel, à la magie et au miracle pour expliquer les mystères du monde. Quels que soient les mystères auxquels la science est confrontée, et ils sont nombreux, elle n'invoque jamais le surnaturel ou le miracle pour l'expliquer. C'est une simple reconnaissance de la démarcation entre la foi et la raison et un simple respect de cette démarcation. De même, la science n'invoque jamais la magie par respect et par reconnaissance de la démarcation entre la réalité et la fiction, entre la vérité et l'illusion. La science n'adhère donc pas au matérialisme ontologique (puisqu'elle ne peut pas démontrer l'inexistence du surnaturel), mais au matérialisme méthodologique. « L'invocation d'une intervention divine lorsque aucune explication naturelle n'apparaît est une déroboade suscitée par la lâcheté et la paresse » (Gould, 2004 : 384).

La science a ainsi rejeté l'astrologie, l'alchimie, la sorcellerie, la magie noire et la révélation religieuse comme explication du monde. Par définition, par engagement solennel, la science ferme la porte à toutes formes de surnaturel, de magie et de miracle. Il n'y a rien là d'arrogant, d'orgueilleux ou d'agressant ; il ne s'agit que d'un souci marqué de lucidité, de limpidité, d'honnêteté,

*[...] l'indépendance
et la liberté d'esprit...
seront toujours les
conditions essentielles
de tous les progrès
de l'humanité.*

Claude Bernard

d'engagement au nom de la recherche de vérité. Admettre le miracle comme explication d'une guérison par exemple, c'est une forme de capitulation de la raison, c'est une façon d'arrêter de chercher. Si toute l'humanité avait adopté cette attitude au Moyen Âge, nous serions encore au Moyen Âge. Nous serions encore écrasés par l'ignorance,

la superstition, la peur des démons et des monstres, sans autre défense devant la misère, la famine et la maladie, que les incantations et les sacrifices d'animaux, prisonniers d'un destin imaginé et dominés par les « forces de l'ombre ». Nous n'avons aucune raison rationnelle d'accepter la véracité de l'astrologie, nous en avons de multiples d'accepter l'astronomie.

Notez ici qu'il ne faut pas confondre mystère et magie. La science ne nie pas l'existence du mystère ; au contraire, elle reconnaît humblement que le monde est dominé par le mystère, que notre ignorance est immense et qu'elle le sera probablement toujours. Le *Larousse* dit du mystère : « Ce qui est incompréhensible, caché, inconnu : le mystère de la vie. » Pour la science, ce genre de mystère ne justifie jamais le recours au surnaturel, à la magie ou au miracle, et n'est jamais une cause de capitulation, mais constitue au contraire un défi stimulant, motivant et excitant. Le *Larousse* présente alors le sens de mystère en théologie : « Vérité de foi inaccessible à la seule raison humaine et qui ne peut être connue que par une révélation divine. » On voit tout de suite que les mots vérité et connaissance n'ont plus du tout le même sens qu'en science. Pour la science, le mot mystère n'a pas du tout ce sens.

Mais il se pourrait aussi que l'humanité fût, dans son ensemble, incapable de soutenir la vérité de la science.

Jean Rostand

On tombe encore davantage dans le mélange toxique des genres quand le *Larousse*, supposément un fidèle témoin de la pensée courante, ajoute le cas particulier du mystère au Moyen Âge : « Le mystère médiéval proposait une représentation totale de la vie humaine dans ses rapports avec les puissances divines : le surnaturel y côtoyait le réalisme le plus trivial. » Un exemple moderne de ce mélange du mystère et de la magie est *Le Matin des Magiciens* publié en 1960 [113]. En réaction à la science dite traditionnelle, supposément fermée et sclérosée, on y fait l'éloge de ce que ses auteurs nommaient le « réalisme fantastique ». En y mélangeant habilement la magie et le mystère, on fait perdre au lecteur toute capacité de discernement. On nous y invite à douter de tout, y compris des vérités scientifiques les plus

solides et à croire n'importe quoi, par souci d'ouverture d'esprit. Le fait d'adhérer simultanément à ces deux attitudes extrêmes (douter de tout et croire n'importe quoi) empêche absolument de distinguer le vrai du faux, nous prive de tous les repères qui permettraient de distinguer la réalité de la fiction.

*De ce que rien n'est
intelligible, il ne s'ensuit
pas le droit de conjurer
l'absurde.*

Jean Rostand

Suivons le *Larousse* un pas de plus dans sa confusion. Il définit ainsi le mot magie : « 1. Science, religion des mages ». On ne pourrait pas être plus explicitement embrouillé : incapable de distinguer si la pratique dont il s'agit est une science ou une religion, si elle relève de la raison ou de la foi ; à moins qu'on veuille signifier que la magie puisse relever des deux à la fois. Puis : « 2. Ensemble des pratiques fondées sur la croyance en des forces surnaturelles immanentes à la nature et visant à maîtriser, à se concilier ces forces ». Cette définition est très éclairante sur la démarcation entre science et magie. La science est justement fondée sur la croyance en l'absence de forces surnaturelles !

Devant un présumé miracle, l'attitude du scientifique est la même que devant un tour de magie. D'abord, il peut très bien être tout aussi surpris et émerveillé qu'un enfant de 8 ans. Son esprit scientifique ne l'empêche absolument pas de s'émerveiller. Mais, contrairement à l'enfant devant le magicien ou au croyant devant le présumé miracle, il est convaincu hors de tout doute raisonnable, c'est-à-dire à l'intérieur des limites de sa raison, que ce qu'il voit n'est ni magique, ni miraculeux. Il est convaincu qu'il existe une explication rationnelle, naturelle du phénomène observé ou de ce qu'il croit avoir observé. Il est convaincu que, même s'il ne trouve pas cette explication et même si personne ne la trouve jamais, ce phénomène ne sera pour toujours qu'un mystère. Il ne sera jamais un miracle ou une manifestation d'une force occulte et magique. Jamais il ne sera tenté de recourir au surnaturel, à la magie ou au miracle pour l'expliquer et il ne sera même pas déçu ou frustré de ne pas pouvoir le faire. Telle est la force et la sincérité de son engagement à l'esprit scientifique.

Ce credo de la science, cette adhésion à l'esprit critique de la pensée scientifique couplée à son corollaire, le rejet de la pensée magique, constitue le paysage dans lequel peut maintenant se déployer la méthode scientifique. Il s'agit d'un credo dans le sens d'un engagement formel et solennel, qui ne peut pas être soutenu ou justifié par la méthode ou les arguments scientifiques eux-mêmes. Le credo n'est soutenu que par une conviction profonde et intime, par un désir clairement exprimé de tracer humblement la démarcation, les limites du terrain de la science et, permettons-nous de le souligner, par les innombrables succès de la science dans sa recherche d'explications du monde au cours des quelque 300 dernières années. C'est une feuille de route enviable et qui justifie de continuer d'adhérer à ce credo. La science peut continuer d'affirmer avec confiance qu'elle croit en l'existence de la réalité matérielle et objective, en sa capacité de la comprendre, de même qu'elle croit en l'inexistence du surnaturel, de la magie et du miracle.

La pensée dite rationnelle n'a rien de naturel, c'est une construction, une ascèse, un exercice qui demande un travail continu. L'éternel « retour à l'irrationnel » n'est en fait que la manifestation récurrente d'une forme de pensée qui ne nous a jamais quittés.

Michel de Pracontal

Les psychologues pourraient sans doute expliquer pourquoi la pensée magique continue d'être aussi populaire par rapport à la pensée rationnelle [31, 34, 139, 140, 154, 169]. On revient encore à notre nature animale, naturellement et instinctivement crédule *versus* notre nature humaine capable d'être sceptique, mais au prix d'une vigilance constante. On aime la pensée magique parce qu'elle suppose l'existence de forces plus grandes que nous, mystérieuses et inaccessibles. Ces forces contrôlant notre vie nous exonèrent de toute responsabilité : nous sommes victimes ou, selon le cas, bénéficiaires de leur influence, esclaves de notre destin prédéterminé de tout temps. C'est la mentalité de l'astrologie avec ses signes aux effets indélébiles, du karma, des castes ou du péché originel. La raison offre la liberté en échange de ces destins déprimants et fatalistes. D'abord, la liberté de penser, de douter, de chercher. Serait-elle trop lourde

à porter ? Peut-être parce que la vérité qu'elle nous révèle nous invite à accepter l'absence de sens cosmique de notre existence et l'indifférence du cosmos à notre sort aussi insignifiant pour l'univers que chargé de sens et d'une valeur inestimable pour nous-mêmes. Rappelons la formule percutante et très juste de Jacques Monod: « L'homme sait enfin qu'il est seul dans l'immensité indifférente de l'univers d'où il a émergé par hasard » [103]. Loin d'être déprimante cette prise de conscience me semble au contraire une invitation pressante à la prise en charge responsable de notre existence, à la solidarité et à la valorisation de la vie en général et de la vie humaine en particulier.

LA MÉTHODE ELLE-MÊME

Simplifiée à l'extrême, l'histoire de la méthode scientifique s'est déroulée comme suit. D'abord, comme on l'a déjà dit, il y a environ 2 400 ans, Socrate, Platon et Aristote ont ouvert les yeux de la raison à trois grandes vérités libératrices. Premièrement, il est sain de remettre en question l'enseignement de la tradition ; deuxièmement, il faut faire appel à notre cerveau pour interpréter ce que l'on voit, pour en comprendre le sens parfois caché et, enfin, on peut fonder notre connaissance et notre compréhension du monde sur nos propres observations de la nature. Avec ces trois prémisses, la table était mise pour faire de la science, c'est-à-dire aller au-delà des connaissances jusque-là fondées uniquement sur la tradition, l'autorité et la révélation.

Puis, on arrive à la Renaissance, un saut colossal de 2 000 ans, vingt siècles d'une longue et douloureuse gestation menée à terme malgré les efforts de l'Église catholique pour la faire avorter [62]. La thèse convaincante de Charles Freeman démontre que la pensée rationnelle des philosophes grecs n'est pas passivement tombée dans l'oubli mais a été activement occultée et opprimée par l'Église catholique. Il cite par exemple saint Augustin (354-430): « Voici une autre forme de tentation, encore plus dangereuse. Il s'agit de la maladie de la curiosité. C'est elle qui nous incite à tenter de découvrir les secrets de la nature, tous ces secrets inaccessibles à notre compréhension qui ne nous concernent pas et que l'homme ne devrait pas désirer connaître. »

Selon Freeman, il faudra attendre environ 850 ans, soit la venue du bien nommé saint Thomas d'Aquin (1225-1274), pour voir ressusciter la légitimité et même la nécessité de l'utilisation de notre raison pour chercher humblement, honnêtement et librement la vérité des mystères du monde.

À la suite de cette longue éclipse de la raison par le pouvoir de la religion et d'une Église, on en arrive donc entre 1500 et 1700 à Kepler, Copernic, Galilée, Descartes et Newton qui, se tournant vers le ciel, y voient des équations qui décrivent le mouvement des astres et la chute des pommes. C'est l'époque où l'on découvre des lois de la nature, que l'on peut exprimer en équations mathématiques d'une logique aussi simple qu'indéniable.

On entre ensuite dans le 18^e siècle, le fabuleux siècle des Lumières [175] avec les Voltaire, Diderot, Rousseau, Hume, Leibniz, Buffon, Kant, Linné, Lavoisier, Watt, Fahrenheit, Benjamin Franklin... Cette seule liste partielle suffit à témoigner d'une époque d'émergence effervescente d'idées fécondes, de la démocratie et des droits de l'Homme à la liberté, de la raison et du savoir à la laïcité. Une période charnière où l'Homme apprend à croire en lui-même et à compter sur lui-même pour assurer son bonheur à la lumière de sa pensée libre et audacieuse.

Puis on aboutit au 19^e siècle avec des chercheurs qui osent tenter de comprendre le monde du vivant, un monde immensément plus complexe, bizarre et proche de nous que celui de l'astronomie, de la physique et de la chimie.

Dans ce résumé ridiculement simplifié de l'histoire de la méthode scientifique, je ne retiens pour cette dernière phase que Charles Darwin (1809-1882), champion des sciences historiques et Claude Bernard (1813-1878). On ne peut pas exagérer l'importance de Claude Bernard dans le développement de la méthode scientifique. On lui doit l'essentiel de la méthode expérimentale et, comme cette méthode est le prototype de la méthode scientifique, on lui doit beaucoup.

Un des éléments essentiels de l'histoire de la méthode scientifique est illustré à merveille par le vécu de Claude Bernard.

En effet, il ne s'agit pas d'une méthode qui aurait d'abord été imaginée ou inventée par des penseurs, philosophes ou scientifiques, pour ensuite être mise en application par des chercheurs. Un chercheur comme Claude Bernard a d'abord fait des découvertes, mais en même temps, à tâtons et petit à petit, s'est demandé comment il fallait s'y prendre pour les faire. Il a fait des recherches sur divers fluides corporels, le sang ou les sécrétions de glandes comme le foie et le pancréas aboutissant par exemple, en 1843, à une thèse intitulée : « Du suc gastrique et son rôle dans la nutrition ». Tout en continuant ses recherches, il enseigna à la Faculté des sciences de Paris et au Collège de France, de 1853 à 1877, tentant d'expliquer à ses étudiants comment faire de la recherche expérimentale en physiologie, à mesure qu'il découvrait lui-même comment le faire. Puis, en 1865, il publie l'essentiel de ses idées sur le sujet dans un livre phare [24], toujours disponible aujourd'hui et toujours très éclairant *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*.

Cette démarche est typique du chemin qu'emprunte le développement de la méthode scientifique en général ou dans une discipline en particulier. Bernard faisait de la recherche empirique, concrète, guidée par sa liberté de penser, son intuition, son audace, son questionnement, son expérience. Dans ses cours, il tentait d'expliquer sa démarche, humblement, ne dissimulant pas ses doutes, ses erreurs, ses fausses pistes, ses façons de se corriger. Ce fut un long processus qui l'a progressivement mené à répondre de mieux en mieux à la question philosophique et méthodologique centrale en science : « Comment savoir si ce que je crois savoir est vrai ? Comment trouver et reconnaître la vérité ? » [107].

Ainsi, la méthode scientifique n'est pas tant le fruit d'une invention que d'une découverte progressive résultant d'une interaction, d'un dialogue entre la raison et la nature, la méthode se révélant petit à petit au gré des détours et des culs-de-sac à celui qui cherche la vérité. Il finit par découvrir comment lui faire la cour et l'apprivoiser pour pouvoir l'approcher. La méthode scientifique n'a pas d'abord fait ses preuves en théorie, obéissant

à une simple argumentation logique ; elle les a faites avant même de proclamer ses capacités. Elle a mérité ses lettres de noblesse avant d'en réclamer le titre.

D'ABORD LES FAITS (ENCORE)!

*Une théorie sans faits est une fantaisie,
mais des faits sans théorie ne sont que chaos.*

C.O. Whitman

La mission mineure de la science est de faire des découvertes, d'améliorer nos connaissances. Il ne s'agit là que d'une extension des capacités naturelles ou animales dont notre espèce est aussi capable, souvent davantage que les autres espèces. Notre capacité de connaître est décuplée par l'invention d'instruments d'observation et de mesure qui nous permettent de percevoir le beaucoup plus petit ou le beaucoup plus grand que nous, ou le beaucoup plus complexe qui serait accessible à nos sens. On a ainsi découvert l'existence des bactéries, de la lumière ultraviolette, des galaxies lointaines, des chromosomes et de la molécule d'ADN ou des électrons. Mais il ne s'agit là que d'extensions des capacités de nos sens. Il n'est toujours question que de connaissances.

La mission majeure de la science, un défi qu'elle seule peut relever, est de comprendre, saisir le sens de ce que l'on voit. La connaissance répond à la question : Quoi ? Les connaissances ne constituent que le catalogue des faits, le répertoire de ce qui existe, la célébration de la diversité de la nature, animée et inanimée. La compréhension répond à deux questions autrement plus difficiles : Comment et Pourquoi ? La science exerce un monopole sur la compréhension. Sans le secours de la science, un humain, et à plus forte raison un chimpanzé ou un écureuil, ne peut pas comprendre comment et pourquoi la copulation mène à la naissance, les plantes sont vertes, le soleil peut brûler la peau, les abeilles font du miel, on a souvent le goût de boire de l'eau ou, quand on tombe, c'est toujours vers le bas.

Certains auteurs parlent, d'une part, des « sciences des structures qui décrivent, nomment, comparent et classent les choses et les êtres » (par exemple, la paléontologie, l'astronomie, la systématique, la zoologie) et, d'autre part, des sciences des processus qui expliquent comment les choses fonctionnent (l'écologie, la physiologie, la génétique des populations) [85]. C'est une chose de découvrir l'existence des bactéries, c'en est une autre de comprendre qu'elles causent des maladies, comment elles les causent, comment les prévenir et les guérir et pourquoi ces maladies existent. Ce fut un exploit remarquable de décrire la forme de la molécule d'ADN [157, 158], mais ce ne fut que le premier pas, indispensable comme tout premier pas d'un long voyage, d'une recherche acharnée qui se continue encore, pour comprendre comment cette molécule pouvait contenir, conserver, reproduire et exprimer toute l'information

*C'est toujours une
aubaine pour la vérité
quand des faits bien
établis se heurtent à une
théorie bien construite.*

Jean Rostand

nécessaire pour permettre la reproduction. Avant Darwin, la biologie n'était que des faits. Depuis Darwin, on sait de mieux en mieux comment et pourquoi les espèces sont comme elles sont. Avant Newton, les pommes tombaient, mais sans savoir pourquoi.

La science est donc avant tout une productrice de compréhension, d'explications. Mais, et ce point est absolument crucial et occupe le cœur du noyau dur de la science, avant de chercher une explication d'un phénomène, elle doit d'abord établir et confirmer son existence. La première vérité qu'elle cherche est celle de l'existence du fait. Tant que celle-ci n'est pas clairement établie et tant que sa nature exacte n'est pas connue, la science s'impose le devoir de ne pas aller plus loin ; elle continue de travailler à établir le fait ou elle passe à autre chose. Tant que l'existence du fait est douteuse, il n'y a rien à expliquer. Si je ne connaissais pas de nombreux cas où cette simple règle élémentaire mais fondamentale avait été violée, il ne me viendrait jamais à l'idée de souligner cette évidence.

Voici quelques exemples qui démontrent que ce qui est évident pour certains ne l'est pas pour d'autres. Je donne régulièrement une conférence sur l'esprit critique dans les écoles à des jeunes de 16 ou 17 ans. Presque chaque fois, lors de la période de questions, on me demande ce que je pense d'un phénomène mystérieux quelconque. L'autre jour, après avoir donné cette conférence dans une des écoles considérées parmi les meilleures à Québec, une jeune fille me demande textuellement : « Comment expliquez-vous le voyage astral ? » J'ai essayé poliment de lui dire que ce n'était qu'un mythe, qu'une illusion, mais sans succès. Aussitôt, une autre élève est venue à sa rescousse en citant le témoignage de quelques personnes de sa connaissance affirmant avoir fait de tels voyages. Rien de ce que je disais ne pouvait ébranler leur certitude de l'existence du phénomène. Elles étaient visiblement irritées de mon scepticisme. Je m'attendais à ce que certains élèves, parmi les quelque cent autres dans la salle, ne se gênent pas pour les ridiculiser ouvertement et avec la vigueur dont les jeunes de cet âge sont capables de se critiquer quand ils le veulent. Mais rien, pas un mot. J'avais clairement l'impression que ces deux jeunes filles avaient simplement osé poser une question que tous les autres trouvaient légitime. Pour elles, le fait ne faisait aucun doute ; elles sautaient tout de suite à l'étape suivante : la recherche d'explications. Comment des jeunes de 16-17 ans, pourtant heureusement capables d'être très critiques et contestataires dans tant de circonstances, peuvent-ils être aussi crédules sur d'autres sujets ? Comment peuvent-ils ne plus croire au père Noël, mais croire volontiers que le voyage astral est un fait véridique et attesté ? Leur esprit serait-il à ce point intoxiqué par le Seigneur des anneaux, Harry Potter, Internet et la télé-réalité, qu'ils ont perdu toute capacité ou tout désir de distinguer la réalité de la fiction ?

*En ouvrant la télévision...
« heureusement que
j'avais mon airbag...
l'esprit critique...
en cas de choc frontal
avec la connerie ».*

Pierre Richard

Il y a quelques années, j'étais membre d'un groupe de lecture et de réflexion constitué de 7 ou 8 professeurs d'université et de

collège. On se rencontrait une fois par mois pour discuter d'un livre qu'on avait choisi à la fin de la rencontre précédente. J'ai beaucoup aimé ces discussions, entre autres parce que ce fut l'occasion pour moi de lire des livres que je n'aurais probablement jamais choisis de lire spontanément. Quatre exemples suffiront à illustrer le ton des sujets abordés ainsi que l'ouverture d'esprit requise pour apprécier les activités de ce groupe dont je garde un excellent souvenir. *The Tao of Physics*, de Fritjof Capra, *Zen and the Art of Motorcycle Maintenance*, de Robert Pirsig, *Mémoire de singe et paroles d'homme*, de Boris Cyrulnik, *Order out of Chaos*, de Ilya Prigogine et Isabelle Stengers.

Parmi les membres de ce groupe, nous étions deux professeurs de science, un en physique et moi en biologie, tous les autres étant en diverses branches des sciences humaines. Lors d'une des discussions, quelqu'un nous fait la description d'un cas apparemment indéniable et tout à fait attesté et documenté de lévitation. Une autre fois, la discussion a dérivé sur le cas des enfants sauvages, aussi nommés les enfants loups, ces enfants qui auraient été élevés par des loups, sans contact avec des humains. Dans les deux cas, il s'est passé exactement la même

Parlant de l'astrologie:
«[...] ne fût-ce que
par souci de la dignité
intellectuelle du prochain,
on ne peut accepter,
de gaieté de cœur,
une telle intoxication
par la niaiserie.»

Jean Rostand

chose; les autres membres du groupe, tous des intellectuels cultivés, mentalement équilibrés et parfaitement raisonnables, se sont tournés vers le physicien et le biologiste pour demander une explication. Dans les deux cas, la réaction des deux scientifiques fut aussi forte, instantanée que prévisible et inébranlable: il faudrait d'abord démontrer la véracité du fait, ensuite on pourra parler d'explication. Or, pour le moment, ces deux faits sont, au mieux, extrêmement improbables, un pied

au-delà de la frontière de l'impossible. Je me souviens encore clairement de la déception des autres; on aurait presque dit des enfants qui nous en voulaient de douter de l'existence du père Noël. Ils ont fait preuve d'un esprit critique vigoureux, non pas

dirigé vers la lévitation et les enfants loups, mais vers notre doute de scientifiques. J'avais le sentiment, que j'ai souvent éprouvé en pareilles circonstances, qu'on ne voyait dans notre insistance à douter de ces présumés faits qu'une fermeture d'esprit, qu'une attitude d'éteignoir. Démasquer les mythes et les illusions ou détrôner les légendes n'est pas un métier populaire; il faut un grand amour de la vérité pour s'y engager.

Au-delà de ces anecdotes personnelles, l'histoire est bondée de supposés faits qui ne sont que des mythes. (Voir par exemple, Broch, 2002 : *Au Cœur de l'extraordinaire*; Marhic, 2002 : *Guide critique de l'extraordinaire*; Aveni, 2002 : *Behind the crystal Ball*; Louis, 1994 : *Dictionnaire du mystère*; Skurnick, 1997 : *Mysteries of the unknown*; Dewdney, 1997 : *Yes, we have no neutrons*; Randi, 1982 : *Flim Flam*; Gardner, 1981 : *Science Good, bad and bogus*; Gardner, 2000 : *Did Adam and Eve have navels?* Ou n'importe lequel des 63 autres livres de Gardner.) On trouve dans ces livres un catalogue interminable de faux faits, des mythes et légendes qui se font passer pour des faits. Ça va des rayons N de René Blondot et des canaux de Mars de Percival Lowell qui en réalité n'existent ni les uns ni les autres, au pliage de cuillère de Uri Geller, à la mémoire de l'eau de Jacques Benveniste et à la fusion atomique à froid de Pons et Fleishmann [50].

On peut classer tous ces faux faits en deux catégories. Ce sont, soit des bidonacées ou des confuzoaires [153]. Les bidonacées sont des mensonges, « produits par des scientifiques sans scrupule » qui veulent délibérément tromper. Par exemple, le cas classique de l'homme de Piltdown, un présumé chaînon manquant entre nous et les singes. Il ne s'agit là que de simples fraudes, comme on en trouve dans toutes les sphères d'activités humaines et non seulement en science.

Les confuzoaires, par contre, sont des cas où des scientifiques, peut-être victimes de leur désir de croire, leur désir d'avoir enfin trouvé, se sont trompés eux-mêmes en toute bonne foi. Ces cas sont parfois tout à fait excusables et résultent souvent, entre autres, de la réticence de la nature à livrer ses secrets, couplée

à l'intensité du désir du scientifique de les dévoiler. Cette dualité peut facilement créer une frénésie qui mène le scientifique trop optimiste, impatient ou affamé de découvertes, à voir ce qu'il croit ou ce qu'il espère trouver, plutôt que ce qui existe vraiment.

Le saint suaire de Turin est un cas relativement simple en principe, mais riche d'enseignement pour illustrer comment la science insiste toujours pour commencer par établir les faits avant tout (pour une analyse détaillée, voir Broch, 2001). Le saint suaire est une pièce de lin qui aurait enveloppé le corps ensanglanté du Christ de sa descente de la croix jusqu'à sa sortie du Saint Sépulchre, lors de sa résurrection deux jours plus tard. C'est ce qu'affirment les croyants sur la base de l'image encore visible sur le tissu où l'on devine la face dorsale et ventrale d'un corps et d'une tête humaine, y compris son visage et ses mains. Cette relique, vénérée depuis des siècles, atteste, pour les croyants, de la passion et de la résurrection du Christ. Depuis des décennies, le débat fait rage au sujet de son authenticité : cette pièce de lin a-t-elle, oui ou non, enveloppé le corps du Christ ? D'innombrables discussions sur des détails de l'image, des pratiques funéraires de l'époque et des textes bibliques n'ont jamais réussi à trancher la question. Voilà un cas idéal pour les habiletés de la science à dire la vérité. En effet, grâce à ses capacités techniques, à son mode d'argumentation logique, à sa rigueur intellectuelle, à son souci d'objectivité et à la possibilité de vérifier ses méthodes et de tenter de reproduire ses résultats, la science est en mesure de se prononcer avec autorité et avec impartialité sur la nature de cet objet.

Pour ce faire, la science va d'abord annoncer à l'avance certaines propriétés minimales que devrait posséder l'objet pour être considéré comme le saint suaire. D'abord, le tissu devrait avoir

[...] *l'obscurantisme s'insinue par tant de voies qu'il finit par gangrener la société.*

Albert Jacquard

environ 2000 ans, ensuite les taches qui s'y trouvent devraient être du sang, lui aussi âgé de 2000 ans et ayant appartenu à un humain de sexe masculin. Si l'objet contesté possède ces cinq propriétés, alors il pourrait être le vrai linceul ayant enveloppé le corps

du Christ. Sinon, il est disqualifié d'office de cet honneur. Encore ici, certains croyants trouveront sacrilège toutes ces questions et ces manipulations de l'objet sacré, et ce fut d'ailleurs longtemps la position de l'Église catholique qui refusait que l'on analyse le suaire. Se scandaliser de telles questions revient à refuser de chercher la vérité; on appelle cela de l'obscurantisme. Éventuellement, on accepta d'analyser le suaire et le verdict fut on ne peut plus clair. L'analyse du tissu à l'aide de la technique du carbone 14, réalisée par trois laboratoires indépendants qui ont étudié trois fragments du tissu, a établi que sa fabrication remontait à entre 1260 et 1390; il avait donc à peine entre 610 et 740 ans. Puis, l'analyse chimique des taches révéla qu'elles n'étaient pas du sang, mais plutôt des pigments semblables à ceux couramment utilisés par des peintres et des teinturiers de la même époque.

Les faits sont donc parfaitement clairs: ce tissu n'est pas le linceul qui a enveloppé le corps du Christ. Notez que même si les analyses avaient révélé qu'on était en présence du sang d'un humain mâle vieux de 2000 ans, on aurait pu conclure seulement que ce linceul aurait pu être le saint suaire. On n'aurait pas pu conclure qu'il avait effectivement enveloppé le Christ lui-même plutôt qu'un autre crucifié et encore moins que le sang de cet homme était celui du fils de Dieu.

Au risque d'accentuer le sacrilège, poussons la spéculation un peu plus loin. Si on avait trouvé sur ce linceul du sang d'un humain mâle, mort il y a 2000 ans, les techniques scientifiques modernes auraient permis de poser la question aussi évidente que brûlante « quel est le génome de cet homme ? ». Si Jésus a vraiment été conçu par l'opération du Saint-Esprit, une moitié de son génome viendrait de sa mère Marie, une humaine ordinaire, mais l'autre moitié ne devrait pas être celui d'un homme ordinaire, si on en croit le dogme selon lequel Marie aurait conçu par l'opération du Saint-Esprit. La question aurait été plus simple si Jésus avait été une femme puisque alors, elle aurait pu être, au moins en théorie, un clone de Marie, conçu par parthénogenèse comme on le voit chez plusieurs insectes et même chez certaines espèces de lézards constituées en entier de femelles qui ne

donnent naissance qu'à des filles, génétiquement identiques à leur mère. Mais comme Jésus est un mammifère mâle, il avait obligatoirement un père. Alors a-t-il hérité de la moitié mâle de son génome du Saint-Esprit ? D'où provient son chromosome Y ? Serait-on alors en présence du génome de Dieu ?

Ressentez-vous comme moi le gouffre colossal entre ces deux mots : génome et Dieu ? Entendez-vous comme moi le bruit de la collision entre ces deux mots ? C'est le bruit de la collision entre la foi et la raison, entre la religion et la science. Voyez-vous comme moi que la science, avec ses questions et ses analyses, n'a rien à faire ici ? Prétendre analyser le génome de Dieu doit résonner comme un horrible sacrilège aux oreilles d'un croyant. Et pourtant, s'il s'agit vraiment du saint suaire et si Marie était vraiment vierge, la question du génome de Jésus n'est-elle pas légitime et irrésistible ? N'est-il pas du devoir du scientifique de mettre la science au service de la vérité sur cette question qui n'a rien de banal ? Avec ce saint suaire, n'a-t-on pas enfin une chance de tenter de marier la foi et la raison ? Au lieu de continuer à remplir des bibliothèques entières de discours et d'arguments futiles sur l'existence de Dieu, on aurait une preuve irréfutable, une démonstration indéniable. Imaginez si on trouvait que la moitié mâle du génome de ce sang ne ressemble en rien à celui d'un humain, d'un primate, d'un mammifère ou même d'un animal terrestre. On n'aurait sans doute pas prouvé que Jésus était Dieu, mais on aurait sûrement montré qu'il était d'ailleurs. Des générations entières de théologiens, de philosophes et de scientifiques se sacrifieraient pour tenter de décrire et de comprendre le génome de ce père biologique de Jésus.

Mais voilà, on peut sortir de ces spéculations absurdes puisqu'il ne s'agit que de vulgaires teintures de 700 ans. Les faux croyants peuvent dormir tranquilles, la science ne viendra pas les troubler avec ses vérités factuelles. Quant aux vrais croyants, s'ils ont eu la patience de lire jusqu'ici, leur foi ne peut bien sûr pas être menacée, ni touchée par des histoires de carbone 14 et d'analyses génétiques. Pour eux, je n'aurai réussi qu'à démontrer une fois de plus que foi et raison ne peuvent pas se marier. En annonçant

que le tissu n'a que 700 ans et que les taches qu'il porte ne sont que de la peinture, je n'empêche pas le vrai croyant de croire. Je ne fais que lui communiquer un fait, en l'occurrence, un fait négatif: ce tissu n'est pas le saint suaire. Cette annonce risque cependant de décevoir le faux croyant, celui qui croit croire ou qui voudrait croire, mais qui pour croire a besoin de preuves, c'est-à-dire celui qui ne peut pas croire, bien qu'il le veuille: il est privé de la foi. Il se nomme Thomas, bien sûr, le saint patron des sceptiques. Comme je l'ai déjà dit, le croyant n'a pas plus besoin de raison que l'aveugle n'a besoin de lumière.

Le vrai croyant n'a pas besoin de carbone 14 et d'analyses génétiques pour croire, même s'il est un scientifique pur et dur. Sa science pure et dure ne lui sert pas plus que sa brosse à dents pour croire. Elle ne l'empêche nullement de croire non plus. Telle est la nature de la foi. Telle est la nature du vrai croyant et du vrai scientifique. Outre cette leçon sur la distinction entre foi et raison que nous enseigne cette réflexion sur le suaire de Turin, c'est une illustration probante de l'insistance inébranlable, mais toujours respectueuse malgré les apparences, de la science à démontrer les faits avant de se permettre d'aller plus loin. Une fois qu'elle a démontré que le fait invoqué sur le saint suaire de Turin était faux, la science n'a plus rien à dire sur tout ce qui découlerait si le fait était vrai. Il est faux; pour la science le dossier est clos. Qu'il soit vrai ou faux, la science ne peut que livrer le fait à la porte de la théologie, elle ne peut pas entrer pour l'aider à en interpréter le sens pour la foi.

L'importance primordiale pour la science d'établir d'abord et avant tout la véracité des faits brille particulièrement dans le vaste champ du paranormal. On inclut sous cette sombre bannière un nombre et une diversité d'allégations toutes plus farfelues les unes que les autres et qui témoignent de la bêtise désolante et de l'imagination débridée de l'humanité. Cela inclut l'astrologie, la voyance, la télékinésie, la télépathie, la numérologie, la scientologie, la prophétie, le chamanisme, la clairvoyance, le voyage astral, la lévitation, les rêves prémonitoires, le feng shui, l'aura, etc. La liste est aussi interminable que risible et déprimante [13, 32, 39, 41, 50, 65, 66, 82, 88, 89, 126, 136, 141, 163].

Comme l'a souligné très justement Jean Bricmont (préface de Sokal 2005, p. 21), la science comporte un aspect affirmatif (faire des découvertes et formuler des théories) et « un aspect sceptique, qui consiste à douter de toutes les autres assertions faites sur le monde réel, par qui que ce soit, scientifique et non scientifique ». Ce rôle critique de la science est primordial pour distinguer la vérité du mensonge, de l'erreur et de l'illusion. Dans cet esprit, je critique sans équivoque un ouvrage qui le mérite pleinement. C'est en même temps un bel exemple pour illustrer que la préoccupation de la science pour la véracité des faits n'est pas une vertu universelle. Il s'agit du livre de Philippe Wallon, 1999. *Le paranormal* [155]. Ce livre a tout pour être pris au sérieux. Il est récent (1999), publié chez un éditeur normalement digne de confiance (Presses Universitaires de France), dans une collection qui a fait ses preuves depuis longtemps (*Que sais-je ?*), dont la mission, comme l'affiche la page couverture de chaque volume, est de faire « Le point des connaissances actuelles ». De plus, à première vue, l'auteur est tout aussi compétent et digne de confiance que l'éditeur, puisqu'il est en effet « Psychiatre, chargé de recherche INSERM » et que ce *Que sais-je ?* est, si on en croit la page 2 du livre, son cinquième ouvrage sur le paranormal. On s'attend donc au meilleur et on se sent en confiance ; on se dit : enfin quelqu'un de crédible qui va nous parler scientifiquement du paranormal.

*On n'a pas à croire
en la gravitation pour
observer ses effets ;
on ne devrait pas avoir
à croire en la perception
extra-sensorielle pour
en observer ses effets.*

Henri Broch

Comme pour nous convaincre davantage de lui faire confiance, l'auteur insiste beaucoup pour autoproclamer la valeur scientifique de son discours. Voici quatre citations : a) il affirme travailler « de manière purement scientifique » ; b) il veut « expliquer le paranormal avec clarté, au lieu de pousser le lecteur dans un monde obscur et mystique » ; c) il affirme s'appuyer sur « de brillantes confirmations expérimentales » ; d) et dit « qu'un nombre important de chercheurs ont montré que ces manifestations étaient observables dans les conditions expérimentales habituelles et que les méthodes statistiques étaient efficaces ».

Mais ce n'est que de la poudre aux yeux, un écran de fumée, du maquillage. Dans ces 4 citations, il dit ce qu'il veut faire dans ce livre, ou ce qu'il veut nous faire croire, mais cela n'a rien à voir avec ce qu'il fait en réalité. C'est donc de la fausse représentation, de la récupération du discours scientifique, mais sans son contenu. L'auteur s'avance masqué par ces apparences de science pour soutenir son discours sans la moindre valeur scientifique.

Celui qui croit aux forces surnaturelles compte sur elles pour plier la réalité à ses désirs.

Michel de Pracontal

En fait, l'auteur commet dans ce livre trois graves erreurs aux yeux de celui qui veut faire de la science et qui cherche la vérité. D'abord, il fait comme si les phénomènes paranormaux étaient réels, étaient des faits indéniables (les rêves prémonitoires, les conversations avec les morts, le pliage de cuillères, la télépathie, la lévitation, etc.), il tient leur existence pour acquise. Or, il n'apporte aucune démonstration que les faits existent et, parmi les 107 références à la fin de son livre, il ne cite aucune des nombreuses études qui ont démontré qu'aucun des phénomènes paranormaux n'est réel ! Établir qu'il y a un fait réel à expliquer est pourtant le premier pas évident de toute démarche scientifique. Dans ce livre, il fait comme si la lévitation existait, sans se soucier de le vérifier. Il passe directement aux présumées explications (scientifiques, psychologiques, traditionnelles), alors qu'il n'y a rien à expliquer sauf la crédulité des millions de gens qui y croient. Il considère le témoignage de ses patient(e)s en psychiatrie, leurs rêves et même ses propres rêves, comme des faits objectifs.

Ensuite, il joue constamment sur les mots pour estomper la frontière entre la réalité et l'illusion, entre la subjectivité et l'objectivité, entre croire et savoir, comme dans *Le Matin des magiciens* de 1960 [113]. C'est exactement la même tactique trompeuse (voir *Le Crépuscule des magiciens* [64] qui dénonce la confusion créée par le mélange de réalité et de fiction). Que peut bien vouloir dire Wallon, par exemple, dans les citations suivantes: « On doit élargir la définition des lois physiques, probablement d'une manière radicale » (p. 6). « Seraient paranormales

les observations qui relient une pensée et un fait, par le moyen d'une signification » (p. 6). « Dans le paranormal, il n'y aurait pas d'observateur neutre » (p. 10). « La méthode scientifique... constituerait-elle la plus mauvaise condition d'observation possible ? » (p. 12). « ... nous ne connaissons les faits que sous forme d'une opinion » (p. 118). Il commet ici des abus de langage vides de sens, semblables à ceux dénoncés à juste titre et avec force par Sokal et Bricmont (1999).

Enfin, il veut faire croire que tout cela est de la science solide : en étalant son titre de psychiatre, de chercheur, en parlant de recherche, de statistiques, d'analyses rigoureuses en publiant son livre aux PUF. Wallon réussit ainsi à induire le lecteur en erreur, il trahit la confiance que l'on devrait normalement pouvoir accorder aux chercheurs et aux éditeurs reconnus. Je n'ai pas été induit en erreur par ce livre parce que je réfléchis à ce genre de question depuis 40 ans. Mais ce livre a tout ce qu'il faut pour tromper des milliers de lecteurs qui croient avoir entre les mains une analyse scientifique crédible et fiable du paranormal.

Comme dirait un philosophe, ce livre n'a aucune valeur épistémologique, autrement dit aucune valeur scientifique. C'est même pire puisqu'il se fait passer pour de la science rigoureuse. Au moins, la plupart des astrologues n'insistent pas pour nous faire croire que ce qu'ils racontent est scientifique. Élisabeth Teissier, la fameuse astrologue française, est une exception remarquable. Elle a même obtenu un doctorat en sociologie de l'Université Paris 5 en avril 2001 pour ses talents d'astrologue ! [83].

Qu'est-ce qui explique qu'on puisse publier un tel livre aux PUF de nos jours ? Les éditeurs ne font certainement pas montre d'un esprit critique exemplaire. S'ils excusent ce livre sous prétexte d'ouverture d'esprit, ils auraient au moins dû mettre le lecteur en garde sur le caractère scientifique plus que douteux du contenu.

Un cas comme celui-ci, où on passe directement à la recherche d'explications comme si la véracité du fait allait de soi, résulte soit de l'inconscience, de l'aveuglement ou « constitue une

tentative pour se décharger du devoir de preuve » (Doury, 1997 : 175). Isaac Asimov a condamné la pseudoscience en des termes qui s'appliquent à la perfection au livre de Wallon : « ... c'est un tissu d'absurdités qui peut fourvoyer le profane parce qu'il a l'apparence de la science, qu'il utilise la langue scientifique... et surtout, parce qu'il se proclame lui-même scientifique » (Asimov, 1990 : 184-185). On jurerait qu'il parle du livre de Wallon. Si vous voulez la vérité sur le paranormal, fondée sur plus de 30 ans d'études scientifiques, lisez plutôt Henri Broch (2001 et 2002), Renaud Marhic (2002), Pascal Forget (1999), Marco Bélanger (1999) ou Alain Cuniot (1989).

TROIS OUTILS ET DEUX RÈGLES DE CONDUITE

*Habité en permanence par le doute,
l'expérimentateur doit aussi être pétri de modestie.*

Claude Bernard

Face aux innombrables tromperies du paranormal, ou même confronté à n'importe quelle affirmation extraordinaire, voici quelques consignes simples, mais puissantes, pour qui est épris de vérité. Il s'agit de trois outils et de deux règles de conduite de l'esprit critique [37]. Ces consignes constituent, à mon avis, les instruments de base du coffre d'outils du scientifique ou de quiconque recherche la vérité et la réalité plutôt que le mensonge et la fiction. Ces règles et ces outils sont des conditions générales préalables pour qui veut faire de la science. Ils font partie de l'attitude normale en science.

D'abord, je recommande de se munir de trois outils : une flèche, un rasoir et une balance.

La flèche du fardeau de la preuve

Le fardeau de la preuve repose généralement sur celui qui fait une affirmation. C'est une question de responsabilité intellectuelle élémentaire. Si c'est moi qui affirme quelque chose, il me revient de prouver que c'est vrai, pas à vous de prouver que c'est faux. Le contraire est inacceptable puisque cela crée une situation où

n'importe qui serait libre d'affirmer n'importe quoi, le vrai comme le faux, le raisonnable comme le farfelu (par exemple, la planète Mars est faite de fromage Gouda) et d'exiger que les autres fassent le travail de prouver que c'est faux. Si je me donne la liberté d'affirmer quelque chose, je dois accepter la responsabilité de prouver que c'est vrai. Sinon je me donne le droit de contrôler la vie des autres et de dicter à l'ensemble de la communauté scientifique les projets qui méritent d'être étudiés. Si, par exemple, quelqu'un affirme que des êtres extraterrestres semblables à nous existent et qu'il nous demande de prouver que ce n'est pas vrai, sa demande est tout à fait exagérée, déraisonnable et irresponsable. En effet, pour prouver que ces extraterrestres n'existent pas, il faudrait fouiller tout l'univers et le faire à la perfection : une tâche impossible à réaliser. À l'inverse, si l'auteur de l'affirmation a de bonnes raisons de la proclamer, il devrait lui être facile de nous en faire part pour nous permettre de les évaluer. Il serait irresponsable de sa part de garder pour lui ses « preuves » et de nous envoyer courir l'univers à la recherche de la preuve contraire. Il lui suffirait de nous montrer un morceau de soucoupe volante ou de nous apprendre une chose que seuls des extraterrestres peuvent savoir (puisqu'ils sont supposément beaucoup plus avancés que nous technologiquement, puisqu'ils nous auraient visités alors que nous ne sommes pas en mesure de les visiter).

La flèche du fardeau de la preuve est particulièrement utile face à des affirmations qui contredisent des théories bien établies, qui vont à l'encontre des lois de la physique ou de tout ce qu'on connaît dans un domaine. La science n'aurait aucune solidité, ni aucune crédibilité ni aucune utilité si on rejetait à la légère les théories bien établies. Normalement, on rejette une théorie soit : a) quand on y trouve une faille majeure ; b) quand elle est contredite à répétition par des tests sérieux ; ou c) quand on en trouve une meilleure pour expliquer les mêmes phénomènes. Donc, avant de tout remettre en question sur la base d'une affirmation extraordinaire du genre « j'ai été enlevé par des extraterrestres » ou « je suis capable de prédire l'avenir et de léviter », on doit exiger de l'auteur de l'affirmation des preuves qu'il dit vrai.

Le rasoir d'Occam ou le principe de parcimonie

Toutes les théories ou hypothèses reposent sur un certain nombre de suppositions. En général, on devrait préférer une théorie ou une explication qui reposent sur le moins de suppositions. C'est d'autant plus vrai si on doit choisir entre deux théories ou deux hypothèses à peu près équivalentes (c'est-à-dire à peu près aussi satisfaisantes); on devrait préférer celle qui repose sur le moins de suppositions non démontrées. C'est une question de cohérence interne. Une théorie qui, parmi ses éléments solides, contient une proposition douteuse est moins cohérente que celle qui n'en contient pas. Autrement dit, quand on formule une théorie qui tente d'expliquer le monde, il faut être aussi attentif à ce qu'on ne connaît pas (c'est-à-dire les suppositions non confirmées) qu'à ce qu'on connaît. Le rasoir sert à éliminer de telles suppositions sans fondement. C'est important de les éliminer pour éviter qu'une théorie repose sur une fondation molle ou branlante, comme un château de cartes ou du sable mouvant. Comme une chaîne, une théorie n'est pas plus forte que son maillon le plus faible.

Si, par exemple, j'affirme qu'une éruption volcanique est causée par le réveil d'un dragon souterrain qui a fait s'écarter deux plaques tectoniques ou que des cercles céréaliers (*crop circles*) sont produits par des visiteurs extraterrestres, dans les deux cas, mon explication repose sur des causes dont l'existence n'est pas du tout démontrée. On devrait donc préférer des explications qui ne reposent que sur des causes connues ou connaissables, des explications qui peuvent se passer de suppositions douteuses. On cherche plutôt des explications parcimonieuses, c'est-à-dire qui se contentent d'un minimum de suppositions incertaines. Il ne s'agit pas seulement d'éviter de solutionner les mystères par un recours à la magie ou au surnaturel, mais d'éviter également les suppositions d'ordre naturel, mais indémontrées ou pratiquement indémontrables.

Revenons à un exemple tout aussi extraordinaire, mais moins ésotérique que les cercles céréaliers. Examinons de nouveau l'exemple récent de la manifestation du présumé sixième sens des animaux face au tsunami du 26 décembre 2004 dans l'océan

Indien. Cette catastrophe a tué plus de 250 000 humains, mais apparemment très peu d'animaux. Ces derniers auraient été sauvés par un sixième sens qui les aurait prévenus de l'arrivée de la vague suffisamment d'avance pour leur donner le temps de fuir. D'abord, le double fait est-il établi ? Est-ce vrai que très peu d'animaux sont morts et est-ce vrai qu'ils ont été sauvés parce qu'ils ont fui avant l'arrivée de la vague ? C'est évident que les médias vont parler davantage des humains que des chèvres, des cerfs et des chats tués par le tsunami, mais c'est tout aussi évident que personne ne se donnera la peine de compter les vaches, les singes et les chiens morts lors de la catastrophe.

Mais pour illustrer l'utilité du rasoir d'Occam, imaginons que le premier fait soit vrai, c'est-à-dire que parmi les animaux vivant sur les côtes touchées par le tsunami, très peu soient morts. Je propose alors deux explications. La première est qu'ils ont été sauvés parce qu'ils sont plus alertes et moins téméraires que la plupart des humains, ils réagissent et ils courent plus vite, sont de meilleurs nageurs et ont la peau plus épaisse et moins sensible que nous. La deuxième est qu'ils ont un sixième sens qui les a prévenus de l'arrivée de la vague tueuse et ils ont la capacité de savoir ce qu'il est approprié de faire avant que l'événement n'arrive. Dans la première explication, ils ont survécu à l'assaut de la vague, dans la deuxième, ils ont fui avant que la vague n'arrive.

De toute évidence, la première explication est beaucoup plus parcimonieuse, elle repose sur des suppositions (par exemple, l'attention à ce qui les entoure, la vitesse de course, la résistance de la peau) dont la véracité est facile à démontrer et à mesurer. Par contre, l'autre repose sur l'existence d'un sens, absent chez l'humain, très aigu chez les animaux, même chez toutes les espèces, des chats aux éléphants et de capacités d'analyse et de décision quasi humaines. Or, personne n'a jamais démontré l'existence de ce sens et il serait très difficile de le faire. Ce n'est pour l'instant qu'une supposition sans fondement et ces animaux n'expriment jamais la supposée capacité d'analyse et de décision dans d'autres circonstances plus courantes où elle

leur serait pourtant très utile (pour prévoir les sécheresses ou les inondations, par exemple). C'est ici que le rasoir d'Occam entrerait en action. Il retrancherait ces suppositions douteuses, ce qui disqualifierait la deuxième explication. Il nous resterait alors la première des deux explications proposées. On pourrait alors commencer à appliquer la méthode scientifique pour tenter de la confirmer.

Autrement dit, si nous n'avons pas besoin d'invoquer l'existence d'un sixième sens pour expliquer ce qui s'est passé, le rasoir d'Occam nous invite à rejeter l'explication qui nécessite ce sixième sens. Dans un tout autre ordre d'idées, cela rappelle l'anecdote qui se serait passée entre Napoléon Bonaparte et l'astronome mathématicien Laplace (1749-1827). À Napoléon qui lui demandait quelle était la place de Dieu dans ses équations sur l'évolution de l'univers, Laplace aurait répondu: « Sire, je n'avais pas besoin de cette hypothèse. » Notons ici cependant que Napoléon suggérait une intrusion spiritualiste de la foi sur le terrain de la science.

Dans le cas du tsunami, il n'est pas encore temps de sortir le rasoir d'Occam. Avant de le faire, il faudrait d'abord établir la véracité du premier fait: la plupart des animaux présents près de la côte ce matin-là s'en sont sortis vivants. Cela est loin d'être établi. Une fois que ce sera fait, il sera toujours temps de sortir le rasoir d'Occam pour savoir s'ils s'en sont sortis grâce à leurs capacités animales normales pour réagir et résister à l'assaut de la vague ou grâce à un sixième sens qui leur aurait permis de fuir avant l'arrivée de la vague. En effet, s'ils ont été frappés par la vague, leur sixième sens n'existe pas ou n'a pas fonctionné ce matin-là. Attendons le prochain tsunami pour vérifier l'existence de leur présumé pouvoir extrasensoriel.

La balance de Carl Sagan

Une affirmation extraordinaire doit être supportée par des « preuves » extraordinairement fortes. On définit « ordinaire » sur la base de l'expérience passée. Si à Québec en janvier je dis « il neigera demain », c'est ordinaire. Si je dis cela en juillet à Québec,

ou même en janvier à Miami, c'est extraordinaire. Quand Claude Vorilhon (alias Raël) dit qu'il a été visité par des extraterrestres, c'est extraordinaire et sa parole ne suffit pas pour me convaincre. Le 11 septembre 2001 vers 10 h 00, quand un étudiant gradué au doctorat (c'est-à-dire une personne sérieuse et crédible) m'a dit que deux avions venaient de faire s'écrouler les tours jumelles du World Trade Center, j'ai trouvé cela extraordinaire, je ne l'ai pas cru. Quand il m'a dit qu'il avait vu ça annoncé sur Internet, ça n'a pas suffi pour me convaincre. Il a fallu que je le voie, plusieurs fois, à la télévision pour finir par admettre que c'était bien vrai.

Si je vous dis que demain un tremblement de terre ouvrira la faille Logan et engloutira l'île d'Orléans, vous serez en droit d'exiger des preuves extraordinairement solides avant de paniquer et de vous enfuir. La balance de Sagan s'assure que les preuves pèsent aussi lourd que les affirmations.

Ces trois outils : une flèche, un rasoir et une balance sont plus que des outils utilisés par un sceptique pour gagner un débat contre un crédule convaincu, qui croit aux extraterrestres ou à l'astrologie ou à l'homéopathie ou au voyage astral ou au paranormal en général. Ce sont trois outils indispensables pour chercher la vérité. J'y ajouterais deux règles de conduite du métier de scientifique, c'est-à-dire deux conseils pour se servir de ces trois outils.

D'abord, se méfier de son propre désir de croire. C'est le pire ennemi de la raison qui cherche la vérité : nous sommes notre pire ennemi. Si je veux croire que ma théorie est bonne, je ne suis plus capable d'être assez objectif pour la tester avec crédibilité, avec objectivité. Le désir de croire nous empêche de voir toute la vérité et de la voir clairement. Le désir de croire est comme des lunettes qui déforment notre vision de la vérité. Les tests en double aveugle (à double insu) en recherche biomédicale servent justement à mettre le chercheur à l'abri de son propre désir de croire. Il s'agit d'un protocole sévère et compliqué, inventé justement pour se prémunir contre le désir de croire. Dans une telle recherche, ce désir peut affecter le chercheur, ainsi trompé par une validation subjective, c'est-à-dire qui risque

de voir ce qu'il croit plutôt que ce qui existe vraiment (« observer-expectancy bias »), trompé par le désir de croire qu'il a trouvé le remède « miracle ». Le désir de croire peut affecter tout autant le patient à son insu par l'effet placebo et par son désir de croire qu'il va guérir (je décrirai ce protocole plus loin).

Puis, encore une fois, il faut s'incliner humblement devant les faits, peu importe s'ils contredisent nos espoirs, nos croyances, nos convictions, nos théories. Cela fait partie de l'engagement naturel du scientifique de se soumettre avec humilité à l'autorité des faits et à aucune autre : ni celle des diplômes, des prix Nobel, de la force, des réputations ou de l'argent. L'esprit scientifique est l'antithèse de la soumission à un gourou. Si quelqu'un, qui que ce soit, affirme quelque chose qui n'est pas en accord avec les faits (ou avec les théories généralement acceptées), il faut allumer votre détecteur de fiction et de mensonge et exiger qu'il apporte des preuves solides de ce qu'il affirme. Il ne faut pas le croire sur parole sans douter (voir l'excellent *Petit cours d'autodéfense intellectuelle* de Normand Baillargeon [15]).

Cette soumission aux faits s'appelle le positivisme : « Système philosophique qui, récusant les *a priori* métaphysiques, voit dans l'observation des faits, dans l'expérience, l'unique fondement de la connaissance » (*Larousse*). Mais se soumettre à l'autorité des faits et se méfier de son propre désir de croire ne veut pas dire qu'on se retrouve avec un esprit fermé aux découvertes surprenantes. Pour faire de la science crédible et créatrice, il faut cultiver à la fois l'esprit critique et l'esprit d'émerveillement ou l'esprit ouvert. Il faut fuir les deux extrêmes et chercher le juste milieu entre douter de tout et ne douter de rien.

CHAPITRE 6

La méthode à l'œuvre

LE CAS DU PARANORMAL

[...] *l'énergie des idées fausses est inépuisable.*

Michel de Pracontal

Revenons au cas du paranormal pour observer la science à l'œuvre. D'abord voyons comment le *Larousse* définit ce mot : « Se dit de certains phénomènes d'existence établie ou non, dont le mécanisme et les causes inexplicables dans l'état actuel de la connaissance, seraient imputables à des forces de nature inconnue, d'origine notamment psychique (perception extrasensorielle, psychokinèse, etc.). » Sur le site Web de la Société québécoise de psilogie (un synonyme de parapsychologie), on dit que son objectif est « l'investigation scientifique des phénomènes paranormaux ». L'expression « phénomènes paranormaux » déclenche toujours chez moi le réflexe d'ajouter le mot « présumés ». En effet, tous les phénomènes dits paranormaux sans exception ne sont que des présumés phénomènes. Jamais personne n'a réussi à démontrer l'existence réelle d'aucun de ces innombrables présumés phénomènes. L'organisme international qui publie la revue *Skeptical Inquirer* s'appelle justement CSICOP : « The committee for the scientific investigation of claims of the paranormal » et non pas « investigation of paranormal phenomena ». La nuance est de taille. Cet organisme examine scientifiquement les affirmations des adeptes du paranormal (non les phénomènes eux-mêmes) pour en déterminer la véracité. Jusqu'à présent ils n'ont confirmé

aucune de ces affirmations, aucune n'ayant résisté à l'examen scientifique objectif. Aucune ne correspond à un phénomène réel. Il n'y a donc pour le moment aucun phénomène à expliquer.

Pour démontrer son ouverture d'esprit, le CSICOP, établi aux États-Unis, de même que son équivalent dans d'autres pays et même au Québec (Les Sceptiques du Québec) offrent tous des sommes d'argent impressionnantes (allant de 10 000 à un million de dollars) à quiconque confondra les sceptiques, c'est-à-dire à quiconque démontrera à la satisfaction de la science, ses pouvoirs paranormaux ou l'existence réelle du présumé phénomène paranormal de son choix. Jusqu'à maintenant tous ceux qui se sont présentés ont échoué lamentablement et sans la moindre équivoque. Le *Larousse* nous induit donc gravement en erreur en laissant entendre que l'existence de certains phénomènes paranormaux est « établie » et que le problème auquel on fait face est seulement que « le mécanisme et les causes [de ces phénomènes] sont inexplicables dans l'état actuel de la connaissance... ».

Si quelqu'un se présentait devant moi en affirmant posséder un don ou un pouvoir paranormal ou avoir observé un phénomène paranormal et, en supposant que ce jour-là j'aie assez de patience et d'ouverture d'esprit pour le prendre au sérieux, voici les conditions que je poserais avant d'aller plus loin. Ces conditions constituent un minimum préalable à toute investigation scientifique d'une affirmation extraordinaire, une expression de l'attitude obligée de la science (voir Broch, 2002 ; AFIS, 2004 et Monvoisin, 2004 pour plus de détails sur cette série d'exigences, de même que Baillargeon, 2005 et Sagan, 1995).

D'abord, j'exigerais qu'il reconnaisse la nécessité de démontrer la véracité du fait avant de parler d'explication. Je n'accepterais pas les anecdotes personnelles ou les témoignages individuels, ou même collectifs (du genre : mes amis aussi ont vu la soucoupe volante), comme preuve de la véracité du fait. S'il accepte de se soumettre au test de la science objective, voici les conditions que je poserais avant de commencer le travail pour tenter d'établir la réalité du fait.

Je voudrais d'abord qu'il décrive clairement et en détail ce qu'il affirme : qu'a-t-il vu ou quel est exactement le pouvoir qu'il prétend posséder ? Aucune ambiguïté ne serait permise : rien de flou, d'approximatif ou de conditionnel, rien de caché entre les lignes, rien qui demande une interprétation. Cette première condition est essentielle pour juger après coup, avec assurance et unanimité, si oui ou non le paranormaliste a fait ce qu'il prétend pouvoir faire. Deuxièmement, je voudrais que nous nous entendions clairement sur ce qu'on accepterait comme preuve de la véracité du fait. Cela inclut la nature des analyses des données, des tests statistiques et l'interprétation des résultats. Enfin, il faudrait s'entendre sur le protocole adéquat à suivre pour recueillir la preuve. Entre autres choses, j'exigerais qu'un magicien professionnel, qui connaît les trucs du métier, assiste à tous les tests.

Sans une entente ferme sur ces trois conditions, soit on laisserait tomber, soit on continuerait à discuter de ces trois conditions. Tant qu'on ne s'entend pas sur ces trois conditions (clairement, complètement, sans équivoque), cela ne sert à rien d'aller plus loin, de s'engager dans une tentative boiteuse de démonstration et dans des tentatives d'explications du présumé fait ou dans des argumentations subjectives pour affirmer chacun notre opinion sur la véracité éventuelle du fait.

Que les résultats soient positifs ou négatifs, j'exigerais par la suite qu'on examine attentivement toute la démarche pour être sûr que tout s'est déroulé comme prévu et qu'on est tous deux d'accord pour accepter le verdict de la démonstration. Enfin, je voudrais qu'on répète « l'expérience », avec ou sans modifications (sur lesquelles il faudrait s'entendre), pour s'assurer de la « répétabilité » de la démonstration.

*Laisser toutes les portes
ouvertes, mais en défendre
férocement l'accès.*

Jean Rostand

Toutes ces exigences peuvent sembler excessives, mais devant les affirmations extraordinaires du paranormal, elles ne sont qu'un minimum pour s'assurer que les deux parties sont sur le terrain de la science. En acceptant de prendre l'affirmation

paranormale au sérieux au point de faire toute cette démarche, je ferais preuve d'ouverture d'esprit puisque la réputation de véracité du paranormal est tout à fait lamentable. Cependant je ferais preuve également d'une exigence sévère. J'ouvre la porte mais j'attends l'intrus de pied ferme sur le terrain de la science avec toutes les armes de la science, sans faire la moindre concession et sans accepter la moindre excuse, ni la moindre position de repli suite aux résultats. La porte est ouverte, mais la science ne conserve pas n'importe quoi chez elle. Toutes ces exigences sont d'ailleurs à l'avantage du parapsychologue. Imaginez s'il réussissait un tel test. En plus de toucher une fortune, il serait couvert de gloire pour avoir contredit la science, pour lui avoir ouvert les yeux, pour avoir prouvé aux yeux des plus sceptiques la véracité de ses pouvoirs. Quelle publicité inestimable ! Il deviendrait vite crédible, riche et célèbre. C'est à se demander pourquoi tous les parapsychologues convaincus ne se précipitent pas dans les laboratoires scientifiques pour se faire confirmer leurs pouvoirs.

LA SCIENCE: UN JEU D'ENFANT

Toute cette série d'exigences de la science peut sembler compliquée au point de n'être accessible qu'aux meilleurs chercheurs dans les plus grands laboratoires. Or, ce n'est pas nécessairement le cas. C'est une procédure à la portée de n'importe quel enfant de 11 ans comme en fait foi le cas suivant. Il s'agit d'Emily Rosa, une écolière américaine qui pour son expo-science de 4^e année a proposé à son professeur de vérifier la véracité d'une des prétentions d'une médecine alternative très populaire : le toucher thérapeutique [137]. Cette discipline prétend que le corps humain est parcouru et enveloppé par un champ d'énergie, trop subtil et discret pour être détecté par les technologies médicales conventionnelles. Les maladies, les malaises, les souffrances, les blessures causeraient des perturbations, des déformations de ce champ d'énergie corporelle. Il suffirait alors de rétablir ce champ à son état normal pour permettre au corps de retrouver la santé. Les praticiens du toucher thérapeutique prétendent également pouvoir sentir ce champ d'énergie en passant leurs mains autour

du corps du patient à quelques centimètres de sa peau sans la toucher. Ils pourraient alors sentir les déformations de ce champ et, par les mouvements de leurs mains, toujours sans toucher le patient, rétablir ce champ à son état normal. Enfin, ils affirment que cette seule imposition des mains est un moyen parfaitement fiable et efficace de sentir et de manipuler le champ d'énergie et qu'il suffit que le praticien désire guérir le patient pour que le champ reprenne son état normal et que l'amélioration de la santé s'ensuive. On compte par milliers dans le monde le nombre d'experts de cette médecine douce et on ne compte plus les patients qui payent pour des séances d'imposition des mains et qui affirment en sentir les bienfaits.

Face à toutes ces affirmations extraordinaires, on comprend bien que la petite Emily Rosa n'était pas en mesure d'étudier tous les aspects du toucher thérapeutique. Elle n'était sûrement pas équipée pour détecter ce champ indétectable par les meilleurs appareils de la médecine officielle moderne, pas plus que, dans le cadre d'un projet de 4^e année du primaire, elle ne pouvait effectuer une étude épidémiologique de milliers de patients sur une longue période pour tenter de confirmer les bienfaits des traitements. Elle s'est plutôt attaquée à une question très simple concernant une des prétentions des praticiens du toucher thérapeutique : peuvent-ils vraiment percevoir ce champ d'énergie corporelle avec leurs mains ?

Elle a conçu un test très simple pour y répondre. À la marge inférieure d'un grand carton, elle a découpé deux demi-cercles juste assez grands pour qu'une personne puisse y glisser ses deux bras jusqu'au coude. Elle a collé ce carton à la verticale sur une table pour faire en sorte que le praticien d'un côté de ce paravent ne puisse pas voir le patient de l'autre côté. Pour être certaine que le praticien ne puisse deviner aucun mouvement ou aucune ombre de l'autre côté du carton, Emily a pris la précaution supplémentaire de coller au carton, du côté du praticien, une serviette qui lui couvrait les avant-bras. Le praticien est assis à la table, avec ses deux avant-bras glissés sous le carton, la paume de ses deux mains tournée vers le haut de l'autre côté du carton, où la patiente, en l'occurrence Emily, est assise.

Le test consiste pour Emily à placer une de ses mains à quelques centimètres au-dessus d'une des mains du praticien et à lui demander si elle l'a placée au-dessus de sa main gauche ou de sa main droite. À chaque essai, Emily décide quelle main elle va tester en tirant à pile ou face et elle fait le test à dix reprises.

Le choix est donc tout à fait imprévisible, aléatoire. Si le praticien peut vraiment sentir le champ d'énergie corporelle d'Emily, son taux de succès devrait approcher 100% ou, à tout le moins, être statistiquement supérieur à 50%. Emily a fait ce test avec une vingtaine d'expertes du toucher thérapeutique en leur expliquant clairement la procédure et toutes étaient d'accord sur la validité de la procédure et convaincues de réussir le test haut la main. Or, le succès moyen des 20 thérapeutes a été de l'ordre de 45%! Tout s'est passé comme si elles ne pouvaient rien sentir du tout et choisissaient au hasard.

On n'aurait sans doute jamais entendu parler de ce projet de science de 4^e année du primaire si l'histoire s'était arrêtée là. Mais avec l'aide de ses parents, qui se sont chargés entre autres de l'analyse statistique des résultats, Emily a soumis son travail pour publication à une revue médicale américaine de haut niveau qui publie les meilleures recherches dans le domaine biomédical [130]. Son article a passé l'analyse sévère des éditeurs et des relecteurs experts de la revue qui l'ont publié au même titre que ceux des chercheurs reconnus.

On peut tirer plusieurs leçons de cet événement. D'abord, même une enfant de 11 ans peut faire de la science pure et dure. Devant une affirmation quelconque, surtout si elle est extraordinaire, la première question que le scientifique doit se poser c'est : « Est-ce vrai ? » Il faut d'abord et avant tout déterminer si on est face à un fait réel ou à une illusion. Enfin, la recherche d'Emily Rosa contredit avec force une des prétentions majeures de cette pratique : si le toucher thérapeutique a vraiment des vertus curatives, ce n'est pas parce que la thérapeute peut sentir un champ d'énergie corporelle. Comme on l'a déjà dit, c'est normalement à la personne qui fait une affirmation extraordinaire qu'incombe la responsabilité d'en démontrer la véracité ; ce

n'est pas à son interlocuteur de démontrer que c'est faux. Dans une démonstration admirable d'ouverture d'esprit, Emily Rosa a plutôt généreusement accepté de prendre au sérieux les prétentions des praticiens du toucher thérapeutique. C'est une façon respectueuse de leur rappeler qu'ils devraient faire preuve d'un minimum de responsabilité face à la vérité.

LE SENS DES MOTS

La lecture des détails du déroulement de la recherche d'Emily Rosa montre qu'avant même d'entreprendre les tests, les deux parties se sont clairement entendues sur tous les aspects de l'étude. La question était simple et claire (« Pouvez-vous, oui ou non, détecter le champ d'énergie corporelle d'une autre personne ? ») et le protocole du test était conçu à la satisfaction préalable des deux parties afin de fournir une réponse sans équivoque. Pour arriver à une telle entente, il fallait à tout le moins que tous s'entendent sur le sens exact des mots utilisés (que signifient : détecter, réussir le test, choix au hasard, etc.). En science, on veut tellement éviter d'être embrouillé, abusé, égaré ou carrément trompé dans notre recherche de la vérité que l'on se méfie du sens des mots. On veut définir avec une netteté irréprochable le sens de chaque mot utilisé dans la formulation d'une question, la désignation et la description d'un phénomène ou la formulation d'une explication.

Souvent dans l'utilisation des mots, on envie la clarté dure des mathématiques. On n'imagine pas de controverse sur le sens de 4 ou de $6 + 3 = 9$. Heureusement, la réflexion scientifique ne se limite pas aux mathématiques, mais le prix à payer pour l'usage de la richesse des mots en science est l'obligation de les définir avec le plus de limpidité et d'honnêteté possible, de les définir collectivement (si on ne s'entend pas sur le sens des mots, on ne peut s'entendre sur rien d'autre), de leur donner un sens correspondant à la réalité et non pas à nos désirs et de respecter leur sens en ne les modifiant pas pour servir nos convictions ou nos intentions. Les mots sont trop souvent mous, brumeux et traîtres. Avec un minimum d'habileté, par simple

maladresse ou pour servir de mauvaises intentions, on peut leur faire dire soit rien du tout, n'importe quoi, leur contraire ou tout ce qu'on veut. Pensons au patinage ou à la langue de bois des politiciens, aux manipulations de la publicité, à la littérature parfois volontairement cryptique des sciences sociales (voir l'affaire Sokal) [147], ou à Teilhard de Chardin pour qui des spécialistes avaient dû créer un lexique pour nous aider (bien souvent en vain) à le comprendre.

Mal définir les mots peut être très utile si, au lieu de chercher la vérité, on cherche à tromper, à mystifier. Même si c'est par nonchalance, par négligence ou par simple inattention qu'un mot circule sans définition claire, les torts qu'il fait à la recherche de la vérité peuvent être tout aussi graves. Combien d'écoles de pensée se sont fait la guerre dans les marécages de mots mous comme l'instinct, l'intelligence, le déterminisme génétique, la finalité, l'espèce... pour ne citer que quelques-uns des fantômes qui rôdent encore dans un domaine que je connais bien : l'écologie comportementale.

Voici deux exemples concrets. D'abord, le cas du sixième sens des animaux dont on a déjà parlé. Tout le monde sait bien sûr ce qu'on veut dire quand on parle du sixième sens. Tout le monde, sauf moi, semble-t-il. À part les cinq sens réguliers et ordinaires : la vue, l'odorat, le goût, l'audition et le toucher, on en connaît au moins trois autres présents chez l'humain. Le premier est la proprioception, dont l'organe sensible, situé dans les articulations de notre squelette, nous permet de savoir, même les yeux fermés, si notre bras est plié ou étendu, s'il est en bas ou en haut, s'il bouge ou non, si notre main s'ouvre ou se ferme, par exemple. Ensuite l'équilibration dont l'organe, situé dans l'oreille interne, nous permet de savoir si notre tête recule, avance, tourne, tombe, accélère ou ralentit. Ces deux sens sont essentiels, notamment pour marcher. Enfin, la sensibilité à la chaleur, au froid et à la douleur.

Chez les autres animaux, on connaît au moins trois autres sens : le sens électrique de plusieurs poissons, l'organe de Jacobson des reptiles et de nombreux mammifères qui permet aux mâles de

doser les hormones sexuelles dans l'urine des femelles (ce sens est peut-être encore présent chez nous) et le sens magnétique de certains oiseaux migrateurs qui leur permet de s'orienter par rapport aux lignes du champ magnétique terrestre lors de leurs longues migrations. On en est donc à dix sens connus : cinq ordinaires et cinq exotiques, sans compter quelques cas mineurs comme les ampoules de Lorenzini des requins et tous ceux qu'on n'a pas encore découverts [74].

Quand on parle du sixième sens, lequel parmi les cinq sens exotiques veut-on désigner ? Est-ce la question que vous attendiez ? Je ne crois pas. J'ai plutôt l'impression que par sixième sens on sous-entend une sorte de pouvoir de prémonition, une sorte de capacité non seulement extraordinaire mais paranormale (comme dans le film *Le sixième sens* mettant en vedette Bruce Willis, dont le héros, un jeune garçon, est le seul à voir et à entendre autour de lui des morts comme s'ils étaient vivants). Ce sixième sens serait une « réalité » que les scientifiques sont incapables d'expliquer ; ils refuseraient donc d'en admettre l'existence, manifestant encore une fois la fermeture d'esprit pour laquelle ils sont bien connus. Encore une fois, le scientifique va d'abord demander : « Que voulez-vous dire exactement par sixième sens ? », puis il voudra tenter de démontrer que ça existe vraiment. Ensuite, et seulement ensuite, il sera intéressé (en fait s'il a démontré la véracité du fait, il sera extrêmement intéressé) à tenter de l'expliquer. Ce sont là les deux premières exigences minimales incontournables de la science : Que voulez-vous dire exactement ? et Est-ce que ça existe vraiment ?

Mon deuxième exemple concerne le titre d'une conférence que je présente au public en général. Elle s'intitule : « Sommes-nous seuls dans l'univers ? » Au premier degré, la question semble parfaitement évidente pour quiconque sait lire. Mais examinons chacun des mots pour voir si effectivement la question ne peut avoir qu'un seul sens, sans ambiguïté pour tous. D'abord le mot « sommes ». Pour la plupart d'entre nous, le verbe être ne pose aucun problème, mais pour plusieurs philosophes, la notion d'existence ne va pas de soi. Jean-Paul Sartre

a bien écrit un ouvrage de 692 pages sur le sujet [138], alors j'imagine que pour certains même ce mot mérite réflexion. Que penser également du célèbre « Être ou ne pas être » de Shakespeare ? Ensuite le mot « nous ». Chaque fois que je donne cette conférence, je souligne qu'il peut vouloir dire au moins quatre choses différentes: 1) Y a-t-il d'autres humains dans l'univers ? 2) Y a-t-il d'autres formes de vie intelligente, c'est-à-dire avec lesquelles nous pourrions communiquer ? 3) Y a-t-il d'autres formes de vie complexes comme des animaux ? 4) Y a-t-il d'autres formes de vie, même simples, comme des bactéries ? Il est évident qu'il s'agit de quatre questions différentes et qu'il est indispensable de s'entendre d'abord sur le sens du mot « nous » avant de savoir quelle réponse sera appropriée.

Le mot « seul », en apparence tout aussi innocent que les autres, peut lui aussi prendre plusieurs sens. Est-il question d'une solitude face à la non-existence de Dieu ? Ou de la solitude incontournable de l'être telle que chantée par Brel (*Seul*) ou Ferré (*La solitude*) par exemple, cette solitude qui fait qu'on peut se sentir seul au milieu d'une foule ? Il pourrait aussi être question de la solitude des amants séparés ou du couple d'amoureux dont on dit qu'ils sont seuls au monde. Dans la solitude évoquée par le titre de ma conférence, est-ce que les autres espèces comptent ? Sans chimpanzés sur terre, serions-nous plus seuls ? À l'inverse, si (un immense si) on trouvait quelque chose comme des singes sur une autre planète, nous sentirions-nous tout de suite moins seuls ? Oui, je suis en train de fendre les cheveux en quatre, mais c'est à ce prix qu'on peut franchir le premier pas pour tenter de répondre utilement à la question « Sommes-nous seuls ? », au lieu de s'obstiner sans fin et futillement comme sur ces plateaux de télévision où chacun parle avec une superbe assurance, où tous se contredisent et parlent en même temps.

Qu'en est-il du mot « univers » ? Est-il question de notre galaxie seulement, c'est déjà un immense terrain, ou de toutes les galaxies connues, ou de toutes les galaxies incluant celles qui sont si loin de nous que, même après 14 ou 15 milliards d'années, leur lumière ne nous est pas encore parvenue ? Doit-on inclure

les univers parallèles au nôtre imaginés par les physiciens ? Est-il question du même univers que celui sur lequel règne une nouvelle « Miss Univers » chaque année ?

Dans la question « Sommes-nous seuls dans l'univers ? », il ne reste finalement que « dans » et « l' » qui ne posent pas de problème, bien qu'il faudrait voir si des linguistes ne sentiraient pas le besoin d'y apporter des précisions. Si avec une question comme « Sommes-nous seuls dans l'univers ? » nous voulons faire de la science, il importe, même si tous les mots appartiennent au langage courant, de bien les définir afin de s'assurer du sens exact de la question. À plus forte raison si les mots utilisés ont une définition molle dans les dictionnaires usuels (souvenez-vous de *précision* et d'*exactitude*), ou s'ils peuvent signifier plusieurs choses, il faut alors redoubler de prudence dans les définitions. Comme l'a brillamment démontré Alan Sokal [147] avec son célèbre canular, on peut très bien écrire et publier (à tout le moins en sciences sociales) un long article bourré de mots en apparence savants, mais totalement vides de sens.

Dans un autre ordre d'idées, la définition d'un mot peut avoir des conséquences légales, pratiques ou théoriques. Ainsi, la décision de ranger l'ours polaire dans la catégorie des mammifères terrestres ou des mammifères marins a un impact sur le choix des lois qui assureront sa protection. De même la définition du mot « planète » devrait-elle inclure Pluton ? Cette dernière est-elle une planète ou un astéroïde parmi des milliers d'autres ? Tous les astronomes ne s'entendent pas sur cette question. Au-delà des enjeux purement sémantiques, la réponse à une telle question n'est pas sans incidence sur notre compréhension de la formation et de l'évolution du système solaire. Que de querelles stériles seraient évitées si on s'entendait d'abord sur le sens des mots !

CHAPITRE 7

Observer et expliquer

SCIENCE AVEC OU SANS FAITS

Revenons sur la question de la vie extraterrestre pour une tout autre raison maintenant. J'ai insisté sur le fait que le premier pas de la démarche scientifique consistait à établir la véracité du fait. Est-ce à dire que la science ne peut rien faire tant qu'elle n'a pas en main quelque chose de concret à observer, à mesurer, à analyser ? La question se pose clairement dans le cas de l'étude de la vie extraterrestre. En effet, l'exobiologie (astrobiologie ou bioastronomie), la discipline scientifique qui se cherche un nom et qui se consacre à la recherche et à l'étude de la vie extraterrestre, est à peu près la seule discipline scientifique qui n'a, pour le moment et depuis 40 ans, rien du tout à étudier. En effet, malgré quelque 40 ans d'efforts, on n'a jamais observé ne serait-ce qu'un indice ou une trace indirecte de l'existence de vie ailleurs que sur Terre. Non seulement on n'a aucun échantillon à étudier, mais on ne sait même pas si cette vie existe ailleurs.

Dans ces conditions, au nom de quoi peut-on considérer que l'exobiologie est une science ? La science est-elle condamnée à se taire tant qu'elle n'a aucun fait à observer ? Pas tout à fait. La science, avec toute sa rigueur et toutes ses exigences, peut chercher à établir le fait. C'est ce qu'on lui demande dans le cas des présumés phénomènes paranormaux ; elle examine une prétention paranormale pour déterminer si elle est véridique et elle le fait d'une manière scientifique. Même si au point de départ

la véracité du phénomène (par exemple lévitation, télépathie...) est très douteuse et si, dans tous les cas, la conclusion est la même, le phénomène présumé n'existe pas. Le chercheur a tout de même fait de la science en tentant de savoir si le phénomène était réel [2, 33, 89]. De même dans le cas de la vie extraterrestre, le chercheur n'a pour le moment aucun objet à étudier ; mais il peut néanmoins chercher de la vie ailleurs tout à fait objectivement et scientifiquement.

Un des outils intellectuels puissants de la science consiste à faire des prédictions. À partir de ce que l'on connaît, on prédit ce qu'on trouvera dans nos recherches. Ainsi, sur Terre, on trouve des formes de vie dans une large gamme de conditions. Dans tous les cas cependant, il n'y a de la vie que s'il y a de l'eau à l'état liquide. Sur cette base, on conclut que l'existence d'eau liquide est une condition nécessaire, indispensable à l'existence de vie ailleurs. On fait donc la prédiction que là où il y a de l'eau, il pourrait y avoir de la vie. C'est pour cela que les sondes spatiales lancées vers Mars ou vers Titan ou Europa, des satellites de Saturne et Jupiter, sont conçues pour chercher de l'eau ou des indices de l'existence d'eau dans le passé. Bien sûr que la présence d'eau liquide n'est qu'une des conditions nécessaires à l'existence de vie telle qu'on la connaît, mais ce n'est pas une condition suffisante. Sur Terre on trouve de la vie à peu près partout où il y a de l'eau, non pas parce que la présence d'eau est suffisante pour qu'il y ait de la vie, mais simplement parce qu'en 3 800 millions d'années d'existence sur Terre, la vie a eu le temps de se répandre partout où il y avait de l'eau.

Ainsi, si on trouvait de l'eau ailleurs que sur Terre, on ne pourrait pas conclure que la vie existe à cet endroit, mais seulement qu'elle pourrait exister. Il y a un énorme pas à franchir entre le possible et le réel. Dans le cas de la vie, on ne peut être que très général dans nos prédictions surtout lorsque, comme dans le cas présent, on n'a qu'un seul échantillon de vie (la vie sur Terre) à partir duquel prédire ce qu'on croit pouvoir trouver ailleurs. Sur la base de leur connaissance des mammifères d'Europe en 1700, les naturalistes d'alors n'auraient jamais pu prédire

l'existence des kangourous en Australie, des tatous en Amérique du Sud ou des pandas en Chine, même si toutes ces espèces sont apparentées aux mammifères d'Europe. À plus forte raison, si nos prédictions concernent la vie sur une autre planète, elles ne peuvent pas être spécifiques; elles ne peuvent que concerner des caractères fondamentaux de la vie en général. Ces prédictions ne sont pas de simples spéculations fantaisistes sans conséquence. En effet, en science, les prédictions doivent être supportées par tout ce qu'on connaît du phénomène en question et si la prédiction est contredite par les observations, le scientifique doit expliquer pourquoi il avait assez confiance en ses connaissances pour formuler cette prédiction et pourquoi il croit s'être trompé. Cette démarche sévère, responsable, rigoureuse et limpide fait en sorte que les prédictions scientifiques n'ont rien des fictions des futurologues. Au sujet de la vie extraterrestre on peut donc faire de la science même si, pour le moment, on n'a absolument rien à mettre sous le microscope.

INDUCTION ET DÉDUCTION

[...] dans la pratique il me paraît bien difficile de justifier cette distinction et de séparer nettement l'induction de la déduction.

Claude Bernard

La plupart des scientifiques ne se soucient pas de savoir s'ils font de l'induction, de la déduction, de l'abduction ou de l'hypothético-déduction. Toutes ces expressions formelles désignant les processus intellectuels de la science intéressent beaucoup plus les philosophes que les scientifiques. Ces derniers ne semblent pas s'en porter plus mal: on peut très bien exercer la meilleure science sans savoir si on est inductif, déductif ou un peu des deux.

La science la plus primaire et la plus simple consiste à formuler une règle générale à partir de l'observation de faits particuliers. C'est la démarche intellectuelle que l'on appelle l'induction. La déduction n'est qu'une démarche logique qui fait en sorte que la conclusion découle inévitablement des prémisses. Si j'affirme d'abord A: tous les ours du Québec sont noirs et ensuite B: cet

ours-ci provient du Québec, pour autant que A et B soient vraies, C en découle inévitablement : cet ours est noir. C ne nous apprend rien de neuf puisque C peut être déduit automatiquement par quiconque a compris A et B. La déduction n'est utile que comme outil de logique pour développer un argument sans faille dans sa logique interne, exactement comme les règles des opérations mathématiques. Si j'écris $16 \div 2$, il suffit de connaître le sens de 16, de 2 et de \div pour trouver la réponse, cette dernière est déjà contenue dans $16 \div 2$; effectuer l'opération ne fait que l'exposer. Dans ce sens, la déduction n'est qu'une règle de conduite de l'esprit lui permettant d'être cohérent dans son langage verbal ou mathématique. La déduction en soi ne permet pas de découvrir quoi que ce soit de neuf au sujet du monde : je savais déjà A et B au sujet des ours avant d'en déduire C qui, pour celui qui connaît A et B, est une évidence. Étant donné A et B, C est redondant.

La déduction permet, à partir d'une règle générale (tous les ours du Québec sont noirs), de conclure au sujet d'un cas particulier (cet ours qui provient du Québec doit être noir). Mais d'où peut bien venir cette règle générale sans laquelle la déduction n'est pas possible ? Elle provient de l'opération inverse, c'est-à-dire l'induction qui, sur la base de l'observation de cas particuliers, tire une règle générale. Imaginons que lors de son arrivée au Québec en 1534, Jacques Cartier observe le premier ours vu par un Européen sur le territoire qui sera plus tard connu sous le nom de Québec. Il constate que, contrairement aux ours bruns d'Europe, cet ours est noir. Tout au long de sa carrière, il en observe 18 autres, tous noirs. Cent trente ans plus tard, les milliers d'ours observés ou abattus au Québec étaient tout aussi noirs que le premier. Alors quand Pierre-Esprit Radisson (1636-1710) fait savoir à un ami en France que dans le lot de fourrures de castor qu'il lui enverra bientôt, il trouvera une peau d'ours du Québec (Nouvelle-France ou Bas-Canada), il sera tout à fait raisonnable que son ami s'attende à recevoir une fourrure noire. Sa conclusion sera une déduction fondée sur une règle inductive établie à la suite de milliers de cas observés depuis 1534.

Certains appellent cette règle générale (tous les ours du Québec sont noirs), une théorie. En fait, cela n'a rien d'une théorie puisque la règle n'explique rien ; elle n'est qu'un résumé des observations passées. Contrairement à la déduction, l'induction nous apprend quelque chose au sujet de la nature : après 130 ans d'exploration, on a appris que tous les ours du Québec sont noirs. L'induction ainsi pratiquée n'est constituée que de faits bruts, suivis d'une analyse on ne peut plus primaire. La plupart des animaux sont capables d'induire une telle règle générale à partir d'observations particulières ; leur survie en dépend. C'est ainsi que le cerf apprend ou découvre les règles générales du genre : la plante A est bonne à manger, la plante B est mauvaise, quand on entend des loups il faut redoubler de vigilance, etc. L'induction n'est qu'un apprentissage simple d'une règle découlant de la répétition d'une même observation.

Dans la plupart des cas de telles règles sont valides et peuvent durer longtemps, se trouvant confirmées par chaque nouvelle observation qui s'y conforme. Elles ne sont pas pour autant à l'abri des exceptions. La règle affirmant que tous les ours sont noirs au Québec, parce qu'elle prétend être vraie de tous les ours de la province, est vulnérable puisqu'elle sera contredite dès la première observation d'un ours blanc dans le nord du Québec. On aura alors tendance à conserver la règle initiale pour un temps. Cette fidélité à une règle établie depuis longtemps est raisonnable et saine : après tout, la première fourrure blanche observée pourrait ne pas avoir appartenu à un ours ou cet ours pourrait ne pas provenir du Québec ou il pourrait s'agir d'un ours noir albinos. Dans ces trois cas, on aurait eu tort d'abandonner la règle affirmant que tous les ours du Québec sont noirs. Mais à mesure que l'on observera de nouveaux ours blancs, on devra changer la règle pour une nouvelle : au Québec les ours sont noirs dans le sud et blancs dans le nord. Il faudra alors accumuler de nouvelles observations pour déterminer la position de la frontière entre le nord et le sud, c'est-à-dire pour définir le nord et le sud du Québec. Le cas échéant, on découvrira peut-être que cette frontière n'est pas linéaire, mais qu'elle forme plutôt une zone grise d'une certaine largeur où on trouve les deux espèces d'ours.

De la règle initiale à la situation actuelle, les observations ont produit une amélioration des connaissances. La règle inductive est devenue de plus en plus complexe et nuancée, à l'image de la réalité. La règle inductive est une sorte de loi de la nature, une description fidèle de la réalité. Grâce à cette règle, il n'est désormais plus nécessaire d'observer chaque ours pour en connaître la couleur, il suffit d'en connaître la provenance. De même, grâce à la loi de la chute des corps de Newton, on n'a plus besoin de mesurer la chute de chaque pomme pour savoir qu'en se détachant du pommier elle tombera et exactement à quelle vitesse et avec quelle accélération elle le fera. On est dans la même situation avec la théorie de la sélection naturelle : maintenant qu'on sait qu'elle s'applique à toutes les espèces, on n'a plus besoin de vérifier si c'est le cas avec chaque nouvelle espèce que l'on découvre. On ne cherche pas à savoir si une nouvelle espèce est adaptée à son milieu, pas plus qu'on ne cherche à savoir si la prochaine pomme va tomber ; on ne cherche qu'à déterminer comment la nouvelle espèce est adaptée à son milieu, quelle est la forme de ses adaptations.

OBSERVATION ET EXPLICATION

La découverte des lois causales est l'essence de la science.

Bertrand Russell

La première condition que doit remplir un savant... c'est de croire à la science, c'est-à-dire au déterminisme, au rapport absolu et nécessaire des choses. Car l'admission d'un fait sans cause, c'est-à-dire indéterminable dans ses conditions d'existence, n'est ni plus ni moins que la négation de la science...

Claude Bernard

L'induction ne concerne que l'existence des faits ; elle ne répond qu'à la question la plus simple en science : quoi ? Elle ne nous dit rien sur le comment et le pourquoi ; elle ne procure aucune explication du phénomène observé. Pourquoi les ours sont-ils blancs dans le nord et noirs dans le sud ? Un blanc pourrait-il vivre dans le sud et un noir dans le nord ? Est-ce seulement une question de couleur du pelage ? Si on déménage un noir dans le nord, devient-il blanc ? Les questions comment et pourquoi sont non seulement les plus stimulantes en science, mais elles sont la propriété exclusive de

la science ; seule la science peut y répondre ; seule la science permet de comprendre. On comprend une chose quand on sait pourquoi ou comment elle existe ou est arrivée. Seul l'humain peut (parfois) comprendre. Le chimpanzé ne sait pas pourquoi les plantes sont vertes ni comment la copulation cause la naissance. Pour comprendre, il faut aller au-delà de la simple logique de la déduction et de la simple synthèse d'observations individuelles de l'induction.

Les questions comment et pourquoi concernent les causes et les effets des phénomènes. La science réaffirme ainsi son acte de foi initial à savoir que sur son terrain, le surnaturel, la magie et le miracle ne sont jamais des causes acceptables. Puis elle fait un pas de plus dans son credo ; elle suppose que tous les effets ont une cause et que les causes sont fidèles ; elles ne sont pas fantaisistes, ni capricieuses : pour chaque phénomène il y a une ou des causes spécifiques, il ne peut pas être causé par n'importe quoi. La nature résiste souvent à nos avances pour la découvrir et la comprendre, mais elle joue franc jeu. Il est difficile de la faire parler, mais quand elle parle, elle dit la vérité ; elle ne tient pas un double langage et elle ne se contredit pas. Cela ne veut pas dire qu'on réussit toujours à la faire parler ou qu'on comprend toujours ce qu'elle nous dit, mais quand on y arrive, on sait qu'elle ne dira pas le contraire le lendemain. La nature obéit à des lois ; il nous suffit de les découvrir pour comprendre les pourquoi et les comment de ce qu'elle est et de ce qu'elle fait. La nature est une bonne citoyenne, elle ne viole pas ses lois.

ANALYSE CAUSALE

[...] nous sommes sûrs que le déterminisme existe, mais nous ne sommes jamais certains de le tenir.

Claude Bernard

Le scientifique, comme quiconque cherche la cause d'un phénomène, espère trouver une cause simple et claire, mais dans la plupart des cas, la situation est beaucoup plus complexe. On parle de la cause du suicide, du décrochage scolaire chez les jeunes, de la cause du sida, de la faim dans le monde ou du réchauffement planétaire.

On ne la trouve jamais comme telle parce qu'elle n'existe jamais aussi simple et unique que la formulation le laisse entendre.

Dans une analyse causale, il faut d'abord faire la distinction entre une cause nécessaire et une cause suffisante. Pour obtenir un diplôme universitaire, il est nécessaire de suivre des cours, mais ce n'est pas suffisant. Il est nécessaire (indispensable) d'être porteur du virus VIH pour développer le sida, mais ce n'est pas suffisant : certains porteurs ne développent jamais la maladie. Certains gènes peuvent prédisposer à la dépression, mais ils ne suffisent pas à la provoquer. De plus, un effet peut très bien être le résultat de plusieurs causes agissant simultanément ou en séquence et ces diverses causes n'ont pas nécessairement toutes la même importance dans la production de l'effet. Un accident de voiture peut avoir été causé à la fois par une chaussée glissante, mal éclairée, un excès de vitesse, la consommation d'alcool du conducteur, la traversée inattendue de la route par un lièvre, l'usure d'une pièce mécanique et l'inexpérience du conducteur. On parlera alors des causes plutôt que de la cause de l'accident : aucune n'est suffisante, aucune n'est nécessaire. L'accident se serait peut-être produit même si le chauffeur n'avait pas bu, mais toutes les causes ont contribué à divers degrés à cet accident particulier.

Dans cet exemple, il n'est question que des causes immédiates de l'accident. Pour l'analyser complètement, il faudrait tenir compte d'une infinité de causes indirectes plus ou moins lointaines. Le chauffeur avait peut-être bu parce qu'il était découragé d'avoir perdu son emploi. Il l'avait peut-être perdu parce que son usine avait fermé, parce que son employeur avait déménagé ses activités à une autre de ses usines au Mexique, parce que les employés de l'usine s'étaient syndiqués. Si la population de lièvres n'était pas si grande cette année, peut-être qu'aucun lièvre n'aurait traversé la route à ce moment et que le chauffeur aurait conservé la maîtrise de son véhicule. Si la révolution industrielle n'avait pas déclenché le réchauffement de la planète, les précipitations auraient peut-être été sous forme de neige et non de pluie verglaçante ce soir-là et la chaussée aurait été moins glissante. Vous devinez que l'on pourrait invoquer ainsi une infinité de

causes lointaines formant un réseau inextricable de chaînes causales ayant contribué chacune à sa façon à l'accident.

Les causes lointaines contribuent de façon tellement minime qu'il est plus utile de les considérer comme des facteurs contribuant ou prédisposant à l'effet. Dans le cas de l'accident, la vitesse excessive et la chaussée glissante sont des causes immédiates, actives, déterminantes (bien que non suffisantes), alors que la dynamique de la population des lièvres, leurs habitudes nocturnes ou la sensibilité du chauffeur à l'alcool sont davantage des conditions prédisposantes. De même, deux fumeurs consommant la même quantité de tabac ne développeront pas nécessairement le même cancer, au même moment, selon la prédisposition de chacun à résister à la cause immédiate. Il ne faut donc pas confondre causes actives, prédispositions et contraintes [19]. Par exemple, si la voiture avait été dans un état tel qu'elle ne pouvait pas rouler à plus de 60 km/h, ou si elle était tombée en panne d'essence juste avant la courbe fatidique, l'accident ne se serait pas produit.

Voici un exemple de l'importance de distinguer les trois verbes permettre, empêcher et causer dans toute analyse causale. En écologie comportementale, on s'intéresse entre autres à la taille des groupes sociaux. Par exemple, le cerf Axis de l'Asie du Sud vit en groupe dont la taille varie de 1 à 150 cerfs et plus. On explique en général la taille des groupes en fonction de la prédation, de l'exploitation de la nourriture ou de la vie sociale de l'espèce. Pour favoriser l'élevage des jeunes et la rencontre de partenaires sexuels, les individus ont davantage à se regrouper. De même, pour un individu, les risques d'être victime de prédation diminuent avec l'accroissement de la taille du groupe, grâce à une amélioration de la vigilance permettant de détecter le prédateur et par un effet de dilution du risque : si je suis un cerf, chaque fois qu'un cerf est tué dans mon groupe, j'ai une chance sur 10 que ce soit moi si je suis dans un groupe de 10, mais seulement une chance sur 100 si je suis dans un groupe de 100 au moment de l'attaque. À l'inverse, plus les cerfs sont nombreux dans le groupe, plus la compétition pour la nourriture est intense et plus les risques de transmission de parasites sont accrus.

On a donc plusieurs causes actives qui agissent positivement (soin des jeunes, rencontres sexuelles, prédation) ou négativement (compétition pour la nourriture et parasitisme) sur la taille des groupes. On observe également que la taille des groupes est plus grande pendant la saison des pluies qu'en saison sèche et plus petite en forêt qu'en prairie. Est-ce à dire que l'abondance de la pluie et le degré de fermeture visuelle de l'habitat sont des causes de la taille des groupes ? Pas exactement. En fait pendant la mousson, la végétation est plus abondante donc la compétition pour la nourriture s'atténue ; la pluie ne cause donc pas activement l'accroissement de la taille des groupes, elle ne crée qu'une condition favorable, elle permet les plus grands groupes. De même la forêt, à cause de l'encombrement physique et visuel créé par les arbres, empêche la formation de grands groupes par rapport à la prairie ouverte qui, à son tour, ne cause pas la formation de grands groupes, mais la permet. Il ne faut donc pas confondre les contraintes et les conditions favorables avec les causes actives. La taille des groupes serait plutôt une adaptation à la pression causée par la prédation, à la compétition pour la nourriture et au parasitisme, mais elle n'est pas une adaptation à la saison des pluies ou au degré d'ouverture de l'habitat. La relation entre la taille des groupes et la prédation est une relation fonctionnelle, une relation causale, alors que sa relation avec l'habitat (ouvert ou fermé) n'est qu'une relation structuraliste (qui dicte ce qui est permis et ce qui est interdit) [20].

Un autre exemple tiré de la biologie permet de reconnaître que la cause peut être différente selon le point de vue adopté ou le niveau d'analyse considéré. Comme Tinbergen [151] l'a clairement montré, à une question du genre : « Pourquoi le loup hurle-t-il ? », on peut apporter quatre réponses aussi valides que distinctes. Il hurle parce qu'il a faim : il est ici question de la cause immédiate, qui réfère à la motivation ou à l'état physiologique du loup. Il hurle parce que, depuis son jeune âge, il a développé le larynx, la capacité pulmonaire et l'habileté à produire cette longue plainte : il est ici question de l'ontogenèse ou du développement de l'individu. Il hurle aussi parce qu'il appartient à l'espèce dont le hurlement est un élément normal

du répertoire social : on parle alors de l'origine évolutive du hurlement. Enfin, il hurle pour appeler les autres membres de sa meute en préparation d'une chasse : il est maintenant question de la fonction du hurlement. La cause du hurlement est donc tout à la fois la motivation, l'ontogénie, l'évolution (la phylogénie) et la fonction du comportement. Il serait futile de chercher à savoir si le loup hurle parce qu'il a faim ou parce qu'il veut retrouver les autres membres de sa meute ; les deux réponses sont bonnes, elles ne sont pas contradictoires ; la cause du hurlement n'est pas une ou l'autre, mais les deux (en fait les quatre). On peut résumer ainsi ces quatre causes : ce loup hurle parce qu'il le veut, parce qu'il le peut, parce que son espèce le peut et parce qu'il en a besoin.

L'APPROCHE EXPÉRIMENTALE

Les exemples qu'on vient d'analyser (l'accident de voiture, les groupes d'Axis, le hurlement des loups) montrent que l'explication, c'est-à-dire la réponse aux questions comment et pourquoi, ou la recherche de la cause d'un phénomène, n'est jamais simple. La nature, ou le monde en général, ne dévoile pas aisément ses secrets ; elle est discrète et pudique. C'est alors qu'intervient le fleuron de la méthode scientifique, c'est-à-dire la méthode expérimentale. L'approche expérimentale consiste à identifier clairement une question et à isoler la situation qui la concerne pour en extraire une réponse. Mener une expérience, c'est capturer une petite miette de la nature pour la forcer à répondre à notre question. « Nature is an actress with a prodigious repertoire : give her an opportunity to perform » (Medawar, 1969 : 35).

L'essentiel de l'approche expérimentale consiste à contrôler et à simplifier une situation au point que toutes les variables sont maintenues constantes sauf celle dont on veut étudier l'effet. C'est la règle *ceteris paribus* dans le jargon philosophique, c'est-à-dire « tout le reste étant égal par ailleurs ». On veut simplifier la situation étudiée pour tenter d'éliminer les variables inconnues et contrôler toutes les variables, sauf celle étudiée, afin d'éliminer les effets confondants. Imaginons par exemple que l'on veuille connaître l'effet d'un nouveau médicament sur l'hypertension

artérielle. Pour des raisons évidentes et légitimes de prudence et d'éthique, on testera le médicament d'abord sur un animal autre que l'humain. Pour ce faire, on choisit un animal dont le métabolisme ressemble au nôtre (un mammifère plutôt qu'un poisson), facile à élever en grand nombre, rapidement et à peu de frais (un rongeur plutôt qu'un bovin) et sur qui les expériences risquent de soulever moins de protestations d'ordre éthique (un rongeur plutôt qu'un singe).

Sur la base de ces critères, on choisira par exemple de travailler avec des souris, mais pas n'importe lesquelles. Puisque l'on cherche à démontrer l'existence d'une relation causale entre le médicament et l'hypertension, on veut s'assurer que rien d'autre n'interfère. Si on allait en nature piéger des centaines de souris sauvages pour l'expérience, on aurait des souris de diverses espèces, des deux sexes, de différents âges, de différents pedigrees génétiques, de divers états de santé et de reproduction, porteuses de diverses maladies et de divers parasites, ayant des vécus variés, certaines étant vigoureuses et dominantes, d'autres apathiques et subordonnées et dont la tension artérielle avant l'expérience serait variable. Notre lot de souris montrerait donc une grande variabilité dans au moins une dizaine de variables, sans compter celles auxquelles on n'a pas pensé. Si on administrait notre nouveau médicament à ce lot de souris, on n'aurait aucune façon de savoir si les effets observés sont dus au médicament ou à l'effet confondant de l'espèce, du sexe, de l'âge, de l'état reproducteur, etc., des individus.

Pour minimiser les variables inconnues et les variables confondantes, on voudra donc un lot de souris le plus uniforme possible. C'est pourquoi on travaille normalement avec des races de souris blanches de laboratoire, sélectionnées depuis des centaines de générations dans des conditions de reproduction et d'élevage strictement contrôlées. On mènera notre expérience avec des souris d'une telle race, toutes du même âge, du même sexe, de même poids, logées et nourries de la même façon tout le long de l'expérience. Ce serait encore mieux si, en plus, elles étaient toutes identiques génétiquement, c'est-à-dire membres d'un

clone. Ce sera probablement bientôt possible d'avoir accès à de tels clones pour des études expérimentales.

Avec un tel matériel, on est alors confiant que tous les effets observés à la suite de l'administration du médicament auront été causés par ce dernier et non pas par d'autres variables puisqu'elles auront toutes été maintenues constantes : tout le reste est égal, seul le médicament varie. Pour confirmer davantage l'existence d'une relation causale, on peut faire varier la dose administrée, afin de vérifier si l'effet observé est proportionnel à la dose ; on pourrait alors affirmer avec une confiance accrue que le nouveau médicament exerce un effet, d'intensité prévisible, sur la tension artérielle des souris. La conclusion est d'autant plus convaincante que, dans les études expérimentales, on s'efforce normalement de faire l'étude sur deux groupes simultanément : le groupe expérimental traité par le médicament comme on vient de le voir et un groupe témoin, identique au premier à tous points de vue et traité exactement de la même façon, sauf qu'il ne reçoit pas le médicament. Ainsi, si le médicament est administré par injection, on injectera aux souris du groupe témoin le même volume du même solvant, mais sans y ajouter le médicament. Enfin on voudra refaire exactement la même expérience au moins une deuxième fois pour s'assurer que les résultats obtenus la première fois ne résulteraient pas de circonstances uniques inconnues ayant agi à notre insu.

Tout le mal qu'on se donne pour éliminer les variables inconnues, contrôler les variables potentiellement confondantes et s'assurer de la vigilance d'un groupe témoin, montre la difficulté de démontrer un lien de cause à effet. C'est particulièrement vrai quand on travaille avec du matériel vivant parce qu'il est complexe, mais la même difficulté se rencontre en physique ou en chimie.

La faiblesse majeure de l'approche expérimentale est que, pour tout contrôler, on a dû créer une situation artificielle, simplifiée à l'extrême et qui ne correspond donc pas du tout à la vraie vie. De plus, comme c'est le cas dans le domaine biomédical, ayant travaillé sur des souris, on a démontré l'effet du médicament chez

des souris, mais non chez l'humain. L'étude peut très bien avoir une grande validité interne, c'est-à-dire que tout a été contrôlé, mesuré et interprété d'une manière irréprochable chez les souris, mais quelle est sa validité externe, que nous dit-elle d'utile sur l'effet de ce médicament chez l'humain ? Pour répondre à cette question il faudra, une fois démontré que le médicament ne présente pas de danger évident à court terme chez l'humain, répéter la même expérience sur des humains. On tentera de faire en sorte que « tout le reste soit égal » et que le groupe témoin soit identique au groupe traité. Il est évident qu'on n'y arrivera pas aussi bien qu'avec un groupe de souris blanches en laboratoire. On tentera alors de compenser ces lacunes en conduisant l'étude sur un grand nombre de personnes le plus semblables possible et il faudra tenter, à l'aide de méthodes statistiques, de contrôler partiellement pour les variables potentiellement confondantes. Malgré tous ces efforts, une telle étude sur des humains ne sera jamais aussi concluante que sur des souris en laboratoire.

Ajoutons que dans le cas d'études sur des humains, on fait face à un problème supplémentaire de taille qu'on appelle l'effet placebo. Cet effet résulte des capacités de notre esprit à affecter l'ensemble de notre corps. On a en effet maintes fois démontré que nos pensées, nos peurs, nos espoirs, nos croyances peuvent aussi bien nous guérir que nous rendre malades [12].

Pour contrer ces effets, les expériences menées sur des humains doivent se conformer à un protocole à double insu, ou double aveugle. Dans un tel protocole, on administre au groupe expérimental un comprimé qui contient le médicament et au groupe témoin un comprimé de la même taille, de la même couleur, du même goût, mais qui ne contient pas le médicament. Le patient est le premier aveugle du test : il ne sait pas s'il reçoit le médicament ou le placebo. Le deuxième aveugle est le chercheur ou le médecin qui administre les comprimés et en évalue plus tard les effets : il ne sait pas lui non plus qui reçoit le placebo ou le médicament. On s'assure ainsi que le patient ne soit pas trompé par son désir de guérir et le chercheur par son désir d'avoir trouvé un nouveau médicament efficace.

Pour démontrer que le médicament exerce un effet véritable sur l'hypertension, il faut que l'effet observé chez le groupe traité (dont l'identité n'est révélée qu'après avoir étudié l'évolution de la tension artérielle des sujets des deux groupes) soit significativement supérieur à l'effet observé chez ceux qui, sans le savoir, n'ont reçu qu'un placebo. Cet effet du placebo est souvent très substantiel, parfois de l'ordre de 40 ou 50% de l'effet du vrai médicament.

J'ai volontairement choisi un exemple dans le domaine biomédical pour montrer à la fois la nature, la puissance, les limites et la complexité de la méthode expérimentale. Sauf en ce qui concerne les précautions rendues nécessaires par l'existence de l'effet placebo, la même rigueur et les mêmes règles s'appliqueraient si l'expérience avait pour but de comprendre le fonctionnement d'un nouveau procédé chimique de traitement des eaux usées ou d'évaluer les effets de l'ajout d'un nouveau composé sur les propriétés mécaniques du béton.

CHAPITRE 8

Faire parler la nature

LA SCIENCE SANS EXPÉRIENCE

La méthode expérimentale est tellement puissante et elle a tellement fait ses preuves que plusieurs la considèrent comme la meilleure méthode scientifique, voire la seule vraiment digne de confiance. Pour plusieurs la méthode scientifique est la méthode expérimentale et rien d'autre. Il est vrai que parce qu'elle exerce un contrôle très sévère sur la complexité du phénomène étudié, la méthode expérimentale est à peu près la seule capable de démontrer l'existence de relations de cause à effet. Si l'expérience est bien contrôlée, rien ne varie, sauf la variable étudiée. Donc, si on observe un effet et si l'effet observé est celui qu'on avait prédit (une réduction de la tension artérielle, par exemple), il est très probable, voire certain, que la seule variable qui varie dans l'expérience en soit la cause ou une des causes. Pour le confirmer, on voudra répéter exactement la même expérience sur un autre lot de souris de la même race, puis sur un lot d'une race différente, puis sur des rats, par exemple, pour finalement arriver à n'avoir aucune raison de douter que l'effet (la réduction de la tension artérielle) est vraiment produit par la cause connue (le médicament administré).

Est-ce à dire que tout ce qui ne peut pas être soumis à l'expérimentation ne peut pas être étudié scientifiquement ? Restons dans le domaine biomédical pour un moment. En absence d'expérimentation, on peut mener ici des études épidémiologiques, c'est-

à-dire de simples observations à la recherche de corrélations, par exemple entre la consommation de tabac et le cancer du poumon ou entre la consommation d'alcool et la cirrhose du foie. Dans ce cas on ne contrôle rien, sauf le choix des sujets étudiés. Pour minimiser les effets confondants potentiels, on pourrait n'étudier que des hommes de 20 à 40 ans, caucasiens, cols bleus, urbains, sans excès de poids, sédentaires, célibataires, sans problèmes de consommation d'alcool, fumeurs *versus* non fumeurs. On comprend tout de suite que cet échantillon trié sur le volet ne sera pas représentatif de l'ensemble de la population. Si à l'inverse, pour effectuer une étude applicable à l'ensemble de la population, on analyse la relation entre le tabagisme et le cancer du poumon chez tout le monde, sans égard au sexe, à l'âge, au poids, etc., les relations observées ne pourront pas être attribuées uniquement au tabagisme, mais à tout un ensemble de variables inconnues et confondantes retrouvées parmi les sujets de l'étude.

Même dans l'échantillon restreint, tous les sujets sont loin d'être identiques ou même semblables à tous points de vue, sauf pour leur consommation de tabac. C'est ce qui explique qu'on risque fort de trouver, même dans le groupe trié sur le volet, des non-fumeurs qui souffrent de cancer du poumon et des gros fumeurs en « parfaite santé ». C'est pourquoi les études épidémiologiques, pour dégager des règles générales (des inductions) malgré les nombreuses exceptions et les nombreux effets confondants, doivent recruter de très nombreux sujets (plusieurs dizaines de milliers), qui sont suivis sur de longues périodes et sans jamais pouvoir conclure aussi catégoriquement que les études expérimentales. On aura beau avoir démontré expérimentalement que la fumée de cigarette cause le cancer chez des rats et des singes, ces « modèles » animaux ne correspondent pas parfaitement à l'humain. À strictement parler, ni ces études expérimentales chez d'autres espèces ni les études épidémiologiques chez l'humain ne démontrent des relations causales entre le tabagisme et le cancer chez l'humain. Mais puisqu'on ne mènera très probablement pas d'études expérimentales contrôlées de cette question chez l'humain, et puisque toutes

les autres études (expérimentales chez d'autres espèces et épidémiologiques chez l'humain) suggèrent très fortement un lien causal entre le tabagisme et le cancer, il est tout à fait scientifique, raisonnable, objectif et robuste de conclure, même en l'absence de démonstration expérimentale directe, que le tabagisme est une cause du cancer chez l'humain. Rejeter cette conclusion sous prétexte qu'elle ne découle pas d'une recherche expérimentale serait non seulement téméraire, mais conclurait à tort qu'on ne peut pas faire de science sans expérimentation.

Croire que la science se limite à l'expérimentation, c'est croire que la méthode scientifique concerne avant tout ce que font les scientifiques pour chercher la vérité. Or, la méthode scientifique n'est pas avant tout une manière de faire, mais beaucoup plus une manière de penser. On peut l'appliquer tout aussi bien et avec la même rigueur et les mêmes bénéfices, aux questions inaccessibles à l'expérimentation, et elles sont nombreuses et diverses. On aurait donc tort de penser que seule la méthode expérimentale mérite l'appellation de scientifique.

LA MÉTHODE COMPARATIVE

La science ne s'établit que par voie de comparaison.

Claude Bernard

Si la méthode scientifique n'était que la série de gestes qui constituent l'approche expérimentale, l'astronomie, la géologie, la paléontologie, l'évolutionnisme et l'écologie, entre autres, ne seraient pas des sciences. Or, toutes ces disciplines peuvent non seulement décrire fidèlement, exactement, objectivement, scientifiquement les phénomènes qui les concernent, mais elles sont très souvent capables de remplir la mission supérieure de la science, c'est-à-dire les expliquer.

La plupart des phénomènes étudiés par ces sciences sont inaccessibles à l'expérimentation pour diverses raisons. En astronomie, ils sont trop loin et trop grands (étoiles, planètes, galaxies); en géologie, ils sont trop gros et trop lents (dérive des continents, formation des montagnes); en écologie, ils sont trop complexes

(écosystèmes, dynamique des populations); en évolution, ils sont trop lents (émergence ou adaptation des espèces); en paléontologie, ils sont tous confinés au passé. Sur des questions d'écologie ou d'évolution, on peut mener, en laboratoire ou sur le terrain, des expériences sur de petits phénomènes locaux se déroulant sur de courtes durées, mais ces études ne concernent que des parcelles du phénomène entier. De telles études sont utiles, mais ne permettent jamais de soumettre l'ensemble du phénomène, comme l'émergence d'une espèce ou les équilibres d'un écosystème, aux contraintes et au contrôle d'un protocole expérimental. Peut-on faire de la science sur tout ce que l'on ne peut enfermer dans un laboratoire ?

Faute de pouvoir soumettre le phénomène à l'expérimentation parce qu'il est trop lointain, trop grand, trop complexe ou unique et passé, on peut tenter de rassembler, en laboratoire ou sur ordinateur, les paramètres du phénomène et exercer sur ce modèle réduit des manipulations expérimentales pour simuler la réalité. On pense par exemple aux expériences classiques de Miller en 1953 pour tenter de recréer *in vitro* l'atmosphère de la Terre il y a 3 800 millions d'années et de la soumettre à des radiations et à des décharges électriques pour tenter de comprendre comment la vie aurait pu émerger. De tels modèles peuvent être utiles pour comprendre le fonctionnement d'un système, mais les réponses qu'ils donnent ne sont jamais meilleures que les paramètres introduits au point de départ. Peu importe que le modèle soit simple comme celui de Miller (de l'eau, quelques gaz et des décharges électriques dans une fiole en laboratoire), ou sophistiqué et complexe comme la plupart des simulations sur ordinateur, il ne s'agit jamais d'une véritable expérimentation sur le phénomène réel et la qualité de ce qui sort dépend de la qualité des paramètres et des données qui entrent dans le modèle. Comme on dit en anglais, ces modèles sont des GI-GO (« garbage in – garbage out »).

Pour étudier scientifiquement ces phénomènes sur lesquels l'expérimentation est impossible, on peut avoir recours à la méthode comparative. On a longtemps considéré que l'approche

comparative était le parent pauvre de l'approche expérimentale, qu'on l'utilisait faute de mieux. Plusieurs croient encore de nos jours que si on n'utilise pas la méthode expérimentale, on ne fait pas de la science digne de ce nom ou que l'on fait, au mieux, de la science molle où les spéculations et les opinions remplacent les conclusions solides des sciences expérimentales.

Cette supériorité de l'approche expérimentale n'est qu'un mythe. Comme on l'a vu, la vertu première de l'approche expérimentale est de découvrir de véritables relations causales : elle peut trouver la cause d'un phénomène à travers le chassé-croisé des relations et des corrélations entre les nombreux éléments d'un système. Mais pour y arriver, elle a dû simplifier le système à l'extrême et le contrôler sévèrement, au point que la situation expérimentale ainsi créée ne représente plus très bien, voire plus du tout, la réalité. L'approche expérimentale n'a donc pas que des vertus. Par ailleurs, certaines méthodes statistiques (par exemple, « path analysis ») permettent à certaines études comparatives de mener à des conclusions qui sont à toutes fins utiles des explications causales [144].

Toute puissante et utile qu'elle soit, l'expérimentation n'est qu'un moyen pour nous aider à faire parler la nature. Le plus souvent, l'approche comparative sacrifie l'assurance d'avoir démontré une relation causale, mais peut se vanter d'avoir recueilli le témoignage de la nature telle qu'elle est. L'expérimentation recueille des témoignages sous la torture, l'approche comparative laisse la nature parler librement. Il importe de souligner que les deux approches sont également en mesure de rencontrer toutes les exigences fondamentales de la démarche scientifique : soumission à l'objectivité des faits, réplication (« répétabilité »), capacité de formuler des hypothèses et des prédictions testables en vue d'élaborer des théories réfutables et ouvertes à l'amélioration.

Le mythe de la suprématie de l'approche expérimentale débouche sur la conclusion que, sans expérimentation, on ne peut rien comprendre, on ne peut que décrire. On peut découvrir et décrire des galaxies, des fossiles, de nouvelles espèces, mais on ne pourra jamais les expliquer. Comme je l'ai déjà dit, découvrir

et décrire, c'est-à-dire acquérir de nouvelles connaissances, n'est que la mission mineure de la science. C'est une mission indispensable puisque c'est elle qui établit l'existence, la véracité et la nature exacte des faits, mais elle est tout de même mineure par rapport à l'autre mission qui consiste à tenter de comprendre. Ce n'est peut-être pas surprenant que plusieurs des premières tentatives sérieuses et couronnées de succès pour comprendre se sont tournées vers l'expérimentation. Devant la complexité de la nature et notre impuissance initiale à la comprendre, on s'est attaqué d'abord à ce qu'on pouvait contrôler, simplifier et manipuler pour en dévoiler les secrets. On y est tellement bien arrivé, comme en témoignent les découvertes de Claude Bernard [24] en physiologie animale par exemple, qu'on en a conclu à tort qu'il fallait accepter de ne jamais pouvoir étudier scientifiquement les phénomènes impossibles à soumettre à l'expérimentation.

Prenons un premier exemple fictif, mais réaliste et concret, pour illustrer l'approche comparative. Lors d'une randonnée en forêt en mars au Québec, vous voyez un cerf de Virginie mort. Cette observation vous surprend, alors elle s'inscrit dans votre esprit. Continuant votre randonnée, vous en voyez un deuxième, puis deux autres un peu plus loin. Vous les regardez tous attentivement et constatez qu'ils ne portent pas de blessures apparentes. Autant de cerfs morts sur quelques kilomètres de randonnée est une observation intrigante. Vous ne les avez pas seulement vus ou regardés, vous les avez observés. Cette observation vous permet d'affirmer, sans le moindre doute, que vous êtes en face d'un fait indéniable: il y avait bien en cette journée de mars au moins quatre cerfs morts sur la neige le long de votre piste de ski de fond dans cette forêt.

Vous serez alors probablement animé de deux réflexes automatiques, deux réactions mentales plus animales qu'humaines, deux réflexes probablement programmés dans nos gènes. D'abord, vous vous demandez « pourquoi ? ». Vous voudrez connaître la cause de ces mortalités, vous voudrez expliquer ce que vous avez observé. Je présume qu'il s'agit d'un réflexe instinctif programmé dans nos gènes puisque même les jeunes enfants

posent une infinité de pourquoi. Il semble qu'on ne puisse pas s'empêcher de vouloir comprendre. Puis, deuxième réflexe tout aussi irrésistible, vous formulerez une réponse. On est tous très vite sur la gâchette à réponse. Si vous étiez plusieurs lors de cette randonnée, je parie que chacun aura sa propre « théorie » pour expliquer la mort de ces cerfs. Il semble même que dans ce genre de situation, chacun prenne plaisir à contester la théorie des autres et à défendre la sienne bec et ongles, dans une sorte de compétition, une sorte de démarche scientifique primaire de laquelle, supposément, la meilleure théorie sortira gagnante.

Ces deux réflexes, demander pourquoi et décocher une réponse, étaient supposément très utiles chez nos ancêtres Cro-Magnon, bien avant l'invention de la science. On peut imaginer que celui qui tentait de comprendre et qui rapidement proposait une explication, parfois même fausse, finissait par mieux connaître son environnement et favorisait ainsi sa survie et celle de sa famille par rapport à son congénère qui se contentait de constater ce qu'il voyait sans désirer en savoir le pourquoi et le comment ou qui, perplexe et indécis, réfléchissait longuement au lieu de décider et d'agir dans le feu de l'action. Toujours est-il que, même de nos jours, on ne peut pas, semble-t-il, s'empêcher de demander pourquoi et de vouloir répondre. J'en prends pour preuve l'immense popularité de certains animateurs de radio ou de télévision qui, contrairement aux spécialistes, ont toujours réponse à tout. Ils nourrissent notre gourmandise de réponses.

Que ce soit sur des questions de santé, de sport, de politique, d'art, d'économie, d'éthique ou de justice, on veut des réponses, on les veut tout de suite, simples et si possible qui nous plaisent, c'est-à-dire qui confirment nos opinions, nos préjugés, nos convictions. D'où la grande popularité de ces gourous des médias, ces spécialistes de tout, ces gérants d'estrades qui savent exploiter notre soif de réponses et qui savent nous dire ce qu'on veut entendre. Ils le font d'autant plus naturellement qu'ils sont eux-mêmes animés des deux réflexes issus de notre nature animale. Après tout, entre

[...] une découverte sensationnelle, même fausse, est plus excitante que l'exercice prosaïque et sans gloire de la raison.

Michel de Pracontal

une réponse immédiate, facile, simple, confiante et catégorique, d'une part, et, d'autre part, une réponse partielle, compliquée, hypothétique, nuancée et fournie après une longue recherche, la première est beaucoup plus vendeuse.

Revenons à nos cerfs. Ayant observé qu'ils ne semblaient pas blessés et n'ayant vu sur la neige aucune trace de sang ou de poursuite autour des carcasses, vous en avez tout de suite conclu qu'ils n'avaient pas été tués par des loups. C'est une procédure naturelle et automatique ; on élimine d'emblée les réponses qui nous semblent intuitivement improbables (par exemple, la prédation dans ce cas-ci). Autrement dit, même si la réponse initiale proposée est un réflexe qui ne repose pas sur une longue réflexion, on est tout de même en mesure de proposer des réponses plausibles et raisonnables, fondées sur notre expérience, nos sens et le bon sens. Il est peu probable que l'on propose que ces cerfs aient été tués par la foudre, surtout en hiver.

Imaginons alors que la réponse proposée soit que ces cerfs sont morts de froid. La réponse est tout à fait raisonnable puisque, même couvert de vêtements de haute technologie, vous avez eu froid lors de cette randonnée de quelques heures alors que ces cerfs semblent bien mal protégés du froid avec leur mince fourrure et leur exposition sans répit aux intempéries hivernales. Jusqu'ici le profane et le scientifique ont probablement fait la même réflexion, mais à partir d'ici leur cheminement mental va diverger fortement. Le profane sera satisfait de sa réponse, il en sera convaincu, il ne verra aucune raison de la remettre en question. Pour lui le dossier est clos, il a sa réponse. Pour le scientifique le travail commence. Aussitôt sa réponse formulée, il en doute, il ne la traite pas comme une conclusion, mais comme une hypothèse.

Le profane est sûr d'avoir raison, il veut avoir raison et il est très habile à se convaincre qu'il a raison. Le scientifique ne veut pas avoir raison, il veut connaître la vérité. Il se méfie donc de sa réponse, même s'il la trouve raisonnable ; il la soumettra à l'épreuve. C'est comme s'il accordait à sa réponse une présomption d'innocence, il doute de sa culpabilité : le froid n'est pas considéré coupable de la mort des cerfs tant qu'on n'a pas prouvé hors de

tout doute raisonnable qu'il l'est. Idéalement, le scientifique aimerait peut-être soumettre sa réponse, son accusation à l'épreuve de l'expérimentation, par exemple en exposant des cerfs au froid et au vent dans un grand congélateur ; mais de telles expériences seraient coûteuses, se dérouleraient par nécessité dans des conditions très artificielles et présenteraient des problèmes éthiques puisque pour les mener à terme, il faudrait tuer plusieurs cerfs par le froid.

*L'ennui dans ce monde,
c'est que les idiots sont
sûrs d'eux et les gens
sensés pleins de doutes.*

Bertrand Russell

Dans le cas des cerfs trouvés morts en forêt, le chercheur aura donc recours à la méthode comparative. Faute de vouloir ou de pouvoir mener une expérience, la méthode comparative profite en quelque sorte des expériences spontanées fournies par la nature. Comparer la situation A à la situation B, ou la situation A à deux moments différents, simule les manipulations en conditions contrôlées. Puisqu'il traite sa réponse initiale comme une hypothèse, elle commence par le mot « si » : « si les cerfs sont morts de froid ». Pour la mettre à l'épreuve, il formule une ou plusieurs prédictions qui découlent de son hypothèse. Par exemple : on trouvera plus de cerfs morts par les jours de grand froid dans n'importe quel mois, ou en janvier par rapport à mars, ou lors des hivers plus froids, ou dans les régions les plus froides de l'aire de répartition du cerf. Notez que toutes ces prédictions sont implicitement ou explicitement comparatives ; dans tous les cas, on prédit que plus de cerfs meurent quand il fait plus froid. Scientifiquement, la démarche est aussi robuste et les conclusions seront aussi solides que si les prédictions concernaient des expérimentations en laboratoire. Cette démarche intellectuelle se nomme hypothético-déductive : si l'hypothèse est vraie, on peut en déduire par simple logique une ou plusieurs prédictions.

Formuler des prédictions pour tester la véracité d'une hypothèse est un des éléments majeurs de la démarche scientifique, qu'elle soit expérimentale ou comparative. C'est une démarche beaucoup plus robuste que de simplement faire des observations et des mesures pour tenter après coup d'en extraire une compréhension du phénomène observé. Formuler une prédiction

en science est un acte de confiance, de limpidité et d'audace. Ce faisant, je m'expose à la critique en prétendant connaître un système ou une situation suffisamment bien pour prédire que dans telle circonstance, il va se passer telle chose. Si ma prédiction est confirmée, cela démontre que ma confiance en mes connaissances était fondée et mon audace n'était pas téméraire, mais réfléchi. Cela montre que ma compréhension du système (c'est-à-dire la théorie ou l'hypothèse de laquelle découle ma prédiction) est correcte. À l'inverse, si ma prédiction n'est pas confirmée par des observations, ce sera alors une leçon d'humilité et surtout une invitation pressante à réviser, à améliorer ma compréhension du phénomène étudié. Dans les deux cas, la recherche de vérité est bien servie puisque l'hypothèse ainsi mise à l'épreuve est confrontée à la réalité.

Une hypothèse n'est donc qu'une réponse provisoire, une conjecture. C'est la meilleure réponse que l'on puisse proposer dans l'état actuel des connaissances et elle est formulée de telle sorte qu'elle puisse être mise à l'épreuve. Une hypothèse n'est pas faite pour durer à l'abri des contestations, derrière le rempart de l'autorité de son auteur; au contraire elle invite les tests de sa véracité. Elle fait pleinement sienne la maxime « à vaincre sans péril, on triomphe sans gloire ». Plus les prédictions que l'hypothèse inspire sont risquées, c'est-à-dire plus elles ont de chances d'être fausses, plus forte elle sortira de l'épreuve si les faits confirment la prédiction. À l'inverse, faire des observations puis, après coup, tenter de les faire correspondre à nos hypothèses, est une façon beaucoup moins robuste de faire de la science. Cette approche molle est équivalente à décocher une flèche et dessiner après coup la cible autour de son point d'impact. Faire une prédiction, c'est dessiner la cible avant de décocher la flèche: si on l'atteint, c'est scientifiquement convaincant, c'est risqué, mais ça mérite de l'admiration si on réussit. Récolter (ou créer) des données pour tenter après coup de les faire correspondre à nos idées préconçues est une forme de tricherie. C'est ce que font, incidemment, les créationnistes, poussant l'exercice à l'extrême en tordant les faits pour les faire correspondre aux réponses qu'ils puisent dès le départ dans la bible. Plus une prédiction

est risquée, c'est-à-dire plus on vise la cible de loin, plus la confirmation de l'hypothèse sera convaincante si la prédiction n'est pas démentie par les observations [122].

Pour faire une prédiction, il faut un minimum de connaissances du système étudié. Même le profane peut témoigner sur la base de son expérience personnelle que, pour un animal à sang chaud comme lui et le cerf, se promener dehors en mars peut présenter un danger potentiellement mortel. Même sans avoir étudié la physiologie de la thermorégulation des cerfs, le profane a assez de connaissances intuitives de la vie d'un animal à sang chaud (un endotherme-homéotherme) en hiver pour formuler une prédiction crédible, raisonnable, utile et testable.

Il suffit alors de faire les observations suggérées par les prédictions pour en vérifier la validité. En l'occurrence, on découvre que toutes nos prédictions sont contredites : il n'y a pas plus de cerfs qui meurent quand et où il fait plus froid. On avait pris le risque de faire ces prédictions, il faut maintenant en accepter humblement le verdict et admettre que notre hypothèse était fautive. Le vrai scientifique l'accepte comme une bonne nouvelle puisque, souvenez-vous : son objectif n'est pas d'avoir raison mais de chercher la vérité. Il sera malheureux de s'être trompé, mais heureux de l'apprendre.

Dans notre cas, pour tenter de se prémunir contre les variables inconnues et les variables confondantes, on a fait quatre prédictions au lieu d'une seule concernant la relation entre le froid et la mort des cerfs. Si, par exemple, on avait testé seulement la prédiction selon laquelle plus de cerfs meurent en janvier qu'en mars, notre conclusion aurait été moins forte puisqu'en mars il ne fait pas seulement moins froid qu'en janvier, mais il y a aussi plus de neige au sol, moins de nourriture disponible, les cerfs sont moins gras, les femelles gestantes portent un plus gros fœtus, les nuits sont plus courtes, le temps plus humide, etc. Autant de variables qui peuvent confondre, en plus ou en moins, l'effet présumé du froid. Il est donc plus prudent de faire plusieurs prédictions découlant de l'hypothèse du froid, comme pour s'assurer du vote de plusieurs témoins indépendants plutôt que de se fier au témoignage d'un seul. Dans

*Une bonne hypothèse
«[...] travaille d'elle-même
à son rejet».*

Claude Bernard

notre exemple, puisque dans tous les cas on n'a observé aucune relation entre le froid et la mortalité, on est confiant que le froid n'y est pour rien ; il est innocenté, les soupçons qui planaient sur lui sont levés. Comme toujours en science, les faits ont une autorité absolue, ce sont les seuls juges de nos hypothèses et de nos théories.

Notons aussi que même si la première hypothèse a été rejetée, même si elle s'est avérée fausse, c'était une bonne hypothèse scientifique. En effet, elle n'était pas farfelue, mais au contraire très raisonnable et surtout elle était testable, réfutable, c'est-à-dire qu'il était possible d'en tirer des prédictions capables de la contredire, capables de prouver qu'elle était fausse. De plus, elle était très utile puisque, grâce à elle, nous savons maintenant que ce n'est probablement pas le froid qui tue les cerfs et nous pouvons donc sortir de ce cul-de-sac et chercher une réponse ailleurs. Nous le ferons avec d'autant plus de motivation que nous

*De certaines hypothèses,
il en va comme
de ces greffes qu'on
dit «mortes»: rien
ne demeure de leur
substance, mais elles
ont servi de tuteur
aux idées nouvelles.*

Jean Rostand

nous sommes trompés la première fois. En effet, parce que la logique et le bon sens, qui nous ont suggéré le froid comme coupable, ont été pris en défaut au premier tour, nous voulons encore plus qu'avant connaître la réponse. De plus, tous les efforts consacrés à étudier la relation entre la mortalité et le froid nous ont permis de mieux connaître l'écologie hivernale du cerf. Nous sommes donc dans une meilleure position pour poser une nouvelle hypothèse.

Nous proposons alors que ce n'est pas le froid qui tue les cerfs, mais la couche de neige accumulée au sol: plus elle est épaisse, plus les cerfs risquent de mourir. De cette hypothèse découle toute une série de nouvelles prédictions, certaines étant opposées à celles de la première hypothèse. Par exemple, il fait plus froid en janvier qu'en mars, mais il y a plus de neige au sol en mars qu'en janvier. La prédiction voulant qu'il y ait plus de mortalité en mars qu'en janvier est un vote en faveur de la

deuxième hypothèse, mais pas de la première. On retournera donc sur le terrain pour mesurer l'épaisseur de la neige et tenter de la relier à la mortalité des cerfs.

Imaginons que l'on trouve une forte relation entre les deux variables : plus la neige est épaisse, plus on trouve de cerfs morts. On aura alors démontré que notre hypothèse est valide : notre deuxième réponse a des chances d'être vraie. Ce ne sera bien sûr pas la fin de l'histoire. On voudra ensuite savoir si la couche de neige tue les cerfs parce qu'elle nuit à leurs déplacements, parce qu'elle recouvre leur nourriture, ou un mélange des deux, ou pour d'autres raisons. Mais même si les causes sont multiples et interreliées, la meilleure façon de les trouver et d'en élucider l'importance relative consiste à formuler des réponses provisoires, c'est-à-dire des hypothèses que l'on soumet à l'épreuve des faits avant de les accepter.

La méthode comparative utilisée dans le cas des cerfs est donc tout aussi scientifique que la méthode expérimentale puisque, dans les deux cas, on peut formuler des hypothèses testables et réfutables.

LA RÉFUTABILITÉ

Imaginons maintenant que vous êtes dans notre groupe de randonneurs et que ces hypothèses sur le froid et l'épaisseur du couvert de neige ne vous satisfont pas ; elles vous semblent trop simplistes, terre à terre. Alors vous me dites que, selon vous, les cerfs meurent en hiver parce qu'ils sont déprimés par la durée interminable de l'hiver ou parce qu'ils ont peur des loups ; ces affirmations ne sont pas des hypothèses scientifiques. Si vous y croyez dur comme fer et vous me dites : « Prouvez-nous que ce n'est pas vrai », j'en serai incapable. Même si je suis sûr que vous avez tort, si je ne peux pas essayer de prouver que vous avez tort, vos affirmations n'ont aucune valeur scientifique. Si je ne peux imaginer aucune prédiction, aucune observation, aucune mesure pour essayer de contredire, de réfuter vos affirmations, elles n'ont rien de scientifique.

Souvenez-vous que la première hypothèse, accusant le froid, même si elle s'est avérée fausse, était tout à fait scientifique. Par contre, votre supposition disant que les cerfs meurent en hiver parce qu'ils sont déprimés, même si elle était vraie, ne peut d'aucune façon être démontrée puisqu'on n'a aucune façon d'essayer de montrer qu'elle est fausse. On n'a aucune façon de soumettre votre affirmation à l'épreuve des faits, aucun moyen de tenter de la réfuter. On n'a que votre parole affirmant que les cerfs meurent en hiver parce qu'ils sont déprimés. Si je vous disais qu'hier j'ai rencontré des extraterrestres, vous ne pourriez pas essayer de prouver que ce n'est pas vrai en soumettant cette affirmation à l'épreuve de faits d'observation. Donc, cette affirmation ne pourrait pas mener à une amélioration de notre compréhension ou à une recherche de la vérité. Si vous ne me croyez pas, mon affirmation ne peut nous mener qu'à une discussion inutile et sans fin. Si vous me croyez, alors c'est peut-être le début d'une nouvelle secte de gens crédules qui croient aveuglément aux extraterrestres. Mais cela n'a rien de scientifique et ça ne peut pas nous mener à la vérité ; cela demeure dans le monde des croyances et des légendes.

Par définition, une hypothèse est scientifique seulement s'il est possible de tenter de la réfuter en l'exposant à l'épreuve des faits. Une théorie ou une hypothèse scientifique ne sont pas conçues comme des forteresses imprenables, mais comme des maisons ouvertes, solides mais ouvertes ; les ennemis y sont bien-venus ; leurs attaques vont la solidifier davantage de l'intérieur. La notion de réfutabilité (ou de falsification) que l'on doit à Karl Popper est au cœur de la méthode scientifique et elle constitue un des éléments majeurs qui tracent une démarcation nette entre la science et tout ce qui n'est pas de la science. Pour qu'une hypothèse ou une théorie soit scientifique, elle doit être réfutable ; il faut qu'il soit possible de tenter de montrer qu'elle est fausse. Ça ne veut pas dire qu'une telle hypothèse sera nécessairement réfutée tôt ou tard, seulement qu'elle pourrait l'être. Bien sûr, les hypothèses ou les théories ne sont pas scientifiques seulement si elles sont fausses (réfutées). Mais si on ne peut pas tenter de montrer qu'elles sont fausses, c'est-à-dire si elles sont irréfutables, elles ne sont pas scientifiques.

La méthode scientifique n'établit donc pas la véracité d'une hypothèse ou d'une théorie en tentant de prouver directement qu'elle est vraie, mais en tentant de prouver qu'elle est fausse. À cette fin, il faut que l'hypothèse soit à tout le moins sensible à la contestation par les faits observables. Si les observations confirment les prédictions, l'hypothèse est alors confirmée ; elle devient un peu plus convaincante mais elle n'est pas prouvée ; on n'a pas prouvé qu'elle était vraie, on ne le peut jamais. Pour prouver qu'une hypothèse ou une théorie est vraie, il faudrait connaître à la perfection tout ce qui la concerne. En science, on ne prétend jamais tout savoir, on ne prétend jamais avoir trouvé la vérité absolue et immuable. On est beaucoup plus modeste que cela. On se limite à proposer des vérités sensibles et vulnérables mais qui, parfois, résistent malgré tout aux tentatives de les contredire.

Ainsi, on n'a pas prouvé que c'était l'épaisseur de la neige qui causait la mortalité des cerfs, ni que c'en était la seule cause. Ce qu'on a réussi à faire en confirmant l'hypothèse est donc limité ; on a seulement accru notre confiance dans sa véracité. C'est limité, mais c'est solide et beaucoup mieux que toutes les suppositions irréfutables. On n'a en effet pas prouvé l'hypothèse parce que, par exemple, les cerfs pourraient très bien avoir été tués par un virus qui, pour des raisons inconnues, serait plus abondant ou plus virulent lors d'hivers plus neigeux.

La méthode scientifique comporte donc une sorte d'asymétrie dans l'impact de la réfutation d'hypothèses. Si une hypothèse est confirmée, elle n'est pas prouvée, elle est seulement un peu plus convaincante qu'auparavant. Cependant, si elle est infirmée (les observations ne confirment pas la prédiction), cela est très dommageable pour l'hypothèse. Le mal que lui cause une réfutation est plus grand que le bien que lui procure une confirmation ! Si l'hypothèse est confirmée, cela n'exclut pas les explications additionnelles ou meilleures ou différentes, mais si l'hypothèse est infirmée ou contredite, il est très difficile de continuer d'y croire, particulièrement si la prédiction testée découle de cette hypothèse, ne peut découler que de cette hypothèse et a été testée par un protocole solide.

C'est donc plus facile d'ébranler que de solidifier une hypothèse ; une hypothèse qui résiste aux épreuves difficiles et successives acquiert donc beaucoup de solidité. C'est une sorte de prudence salutaire pour la solidité de la science. On retrouve par analogie le même genre d'asymétrie dans notre vie sociale : il est beaucoup plus facile et rapide d'acquérir une mauvaise réputation (il suffit d'être soupçonné, même tout à fait à tort, d'avoir commis un méfait) que de s'en construire une bonne.

On ne rejette pas bien sûr une hypothèse, et encore moins une théorie bien établie, dès la première réfutation. Les théories sont plus souvent modifiées ou réparées que totalement rejetées. C'est pour cela, par exemple, que dans le cas du froid et de la mortalité des cerfs, j'ai fait non pas une, mais quatre prédictions. On veut donner à une hypothèse et, à plus forte raison à une théorie, le bénéfice du doute avant de la rejeter.

Deux des grandes qualités des hypothèses et des théories sont donc d'être provisoires et réfutables. Cela peut sembler des faiblesses, mais ce sont au contraire des caractères qui améliorent les chances des théories de s'approcher de la vérité et de s'améliorer. Ce sont des défauts seulement pour ceux pour qui la vérité est fondée sur des dogmes, par définition infaillibles et immuables, tout à l'opposé des théories scientifiques. Une théorie devient solide et acceptée par la majorité, voire la totalité des spécialistes, si elle résiste aux attaques sévères et répétées. On tente pendant des années et de toutes sortes de façons de démontrer qu'elle est fautive ; si on n'y arrive pas, on la considère de plus en plus vraie et solide, jusqu'à preuve du contraire. Les épreuves renforcent les fortes et détruisent les faibles. La science ne cherche donc pas la vérité directement, mais plutôt en tentant de débusquer les erreurs et les illusions et de démasquer les mensonges.

LA RÉFUTABILITÉ ET LE DÉSIR DE CROIRE

Le vrai scientifique a compris que la science a pour objectif de trouver la vérité au sujet de la réalité, qu'il est très difficile de trouver la vérité, parce que le monde est complexe et mystérieux et notre outil principal pour chercher la vérité, notre cerveau,

est faible et limité. Enfin, il a compris qu'un des pièges majeurs sur le chemin de la vérité, c'est son propre désir de croire qu'il l'a trouvée.

C'est pour cette raison que la réfutation des hypothèses et des théories est si importante en science. Le vrai scientifique est toujours heureux de réussir à réfuter une hypothèse ou une théorie même s'il en est l'auteur et qu'il aimerait bien sûr qu'elles soient des descriptions ou des explications fidèles de la réalité. Il est heureux d'avoir montré qu'elles sont fausses, parce que si elles sont fausses et qu'il l'ignore, il est alors dans le mensonge ou dans l'erreur. Comme c'est la vérité qu'il cherche, il n'y a rien de pire pour un scientifique que d'être dans l'erreur alors qu'il se croit dans le vrai, surtout s'il se croit dans le vrai non pas grâce à l'évidence solide des faits, mais à cause de son désir de croire qu'il est dans le vrai. Ce désir de croire qu'on a trouvé la vérité est une force tellement grande de l'esprit humain, que le scientifique le considère comme son pire ennemi. C'est pour cela que la science travaille si fort à prouver que les hypothèses et les théories sont fausses, non pas pour le plaisir de démolir, mais dans l'espoir de ne pas se tromper et de ne pas être trompé.

La science n'a rien contre le mystère ; au contraire c'est son aliment préféré. Il n'y a rien comme un mystère concernant le monde pour allumer l'esprit d'un scientifique, pour faire chercher un chercheur. Mais un chercheur ne veut pas simplement trouver une explication au mystère, il veut trouver la bonne, la vraie. La science n'accepte ni la magie, ni le surnaturel, ni le miracle comme explication d'un mystère, non pas parce qu'elle est absolument certaine que ces explications sont fausses, mais parce que, à cause de leur nature magique, miraculeuse ou surnaturelle, la science ne peut pas travailler à prouver qu'elles sont fausses. Si elles étaient fausses et que le scientifique les prenait pour vraies, il serait dans l'erreur, sans moyen de savoir qu'il est dans l'erreur. Comme la science cherche la vérité, elle disqualifie absolument la magie, le surnaturel ou le miracle comme explication d'un mystère puisqu'elle n'a aucun moyen de savoir si ces « explications » disent la vérité ou ne sont que des mensonges ou des illusions. Les explications miraculeuses

n'expliquent rien du tout, elles sont une capitulation de la raison, une acceptation de croire, sans chercher à savoir. C'est l'attitude de l'enfant qui croit expliquer un tour de magie en invoquant la possession d'un pouvoir magique occulte du magicien.

L'insistance sur la réfutabilité trace une bonne partie de la démarcation étanche et solide entre la science et la foi, entre la science et les mythes, entre la science et la superstition, entre la science et toutes les autres prétendues explications du monde.

Un autre élément important de la démarche scientifique est la méfiance envers les observations uniques. Dans le cas du froid et des cerfs, les quatre prédictions distinctes sont comme quatre tests de l'hypothèse ; si toutes les quatre sont négatives, l'hypothèse est en très mauvaise posture, mais si je n'en avais fait qu'une, ou qu'une seule des quatre avait été négative, j'aurais eu de bonnes raisons de ne pas rejeter l'hypothèse tout de suite.

Ceci est tout aussi vrai dans le cas des études expérimentales. Les expériences sur la mémoire de l'eau ou la fusion nucléaire à froid [31, 32, 33, 50, 51] contredisaient plusieurs théories bien établies de la physique et de la chimie. Avant de rejeter ces théories, on a donc d'abord voulu répéter ces expériences. Or, toutes les tentatives ont échoué dans les deux cas. Malgré de nombreuses tentatives réalisées dans les meilleurs laboratoires en suivant exactement les mêmes protocoles expérimentaux que les chercheurs originaux, personne n'a pu répéter leurs résultats. Il était alors beaucoup plus plausible et raisonnable de supposer que ces chercheurs s'étaient trompés (ou avaient voulu tromper) que de conclure qu'il fallait, sur la base d'une seule observation, rejeter de grands pans de la physique et de la chimie [50]. La réfutabilité des théories (et des hypothèses) est un caractère majeur de la science. C'est toutefois un outil à manier avec discernement [26]. La réfutabilité bien employée est une sorte de cliquet (un « ratchet ») qui fait en sorte que, lorsque la science bouge c'est le plus souvent vers l'avant, vers la vérité. Mal employée, c'est-à-dire rejeter n'importe quelle théorie dès la première contradiction, la réfutation ferait de la science une girouette qui tourne aveuglément au gré des erreurs expérimentales, des fantaisies des charlatans, de la naïveté des

crédules, des modes et des guerres de pouvoir entre diverses écoles de pensée, au détriment de la recherche de vérité.

HYPOTHÈSES, PRÉDICTIONS, POSTDICTIONS

On a vu que la science est une danse à deux pas. Le premier consiste à découvrir un fait, soit par une observation accidentelle, fortuite, soit après de nombreux efforts pour établir la véracité du fait et sa nature exacte. Par le second, on tente d'expliquer ce fait et de justifier cette explication. L'explication initiale est une hypothèse, c'est-à-dire une réponse provisoire, qui non seulement permet, mais invite la mise à l'épreuve. Cette justification de l'explication est obtenue grâce à la performance de prédictions spécifiques découlant de l'hypothèse, face à la réalité de nouveaux faits obtenus par des observations dirigées spécifiquement pour tester la véracité des prédictions.

Dans le langage courant, le mot prédiction concerne le futur. Les prédictions scientifiques sont souvent de cette nature. Ainsi, lors d'une expérimentation, on ne fait pas une manipulation quelconque sans savoir ce que le résultat pourrait être pour tenter, après l'expérience, de comprendre le sens du résultat. On fait plutôt une manipulation réfléchie et on prend le risque de prédire ce que sera le résultat. Plus le résultat est conforme à la prédiction, plus notre hypothèse de départ acquiert de crédibilité.

On utilise la même démarche prédictive plus ou moins risquée quand l'expérimentation est impossible. Par exemple, une éclipse de soleil est une observation remarquable d'un fait indéniable et, pour le moins, troublant. L'explication scientifique de l'éclipse est que la Lune, en passant devant le Soleil, en masque la lumière. L'explication est très plausible puisqu'on sait que la Lune est opaque et tourne autour de la Terre en deçà du Soleil. Mais en science on veut plus qu'une explication plausible, on veut une justification, une preuve que l'explication est vraie. On met donc notre explication à l'épreuve en formulant des prédictions fondées sur nos connaissances astronomiques concernant la rotation de la Terre sur elle-même et autour du Soleil et la rotation de la Lune autour de la Terre. Ces prédictions concernent le moment, la sorte (complète ou partielle) et la durée de la prochaine éclipse.

Ces prédictions sont risquées puisqu'elles concernent des objets tout à fait hors de notre contrôle et annoncent leur position dans le futur relativement lointain. De plus, ce sont des prédictions quantitatives et très exactes : on ne se limite pas à prédire que la prochaine éclipse se produira l'an prochain, on prédit le moment de sa manifestation à la minute près. Si la prédiction s'avère exacte, cela constitue une confirmation éclatante à la fois de notre explication de l'éclipse et des connaissances astronomiques qui nous ont permis de la prédire.

Qu'en est-il de tout ce qui concerne le passé ? Les événements historiques sont à tout jamais figés dans le passé. Ils sont le plus souvent des cas uniques et en plus il n'y avait souvent personne pour les observer : l'espèce humaine a émergé il y a longtemps et une seule fois, et les dinosaures ne sont disparus qu'une fois et il y a encore plus longtemps. Si on ne peut faire aucune expérience sur les événements passés et s'ils n'ont aucune chance de se reproduire dans le futur, est-ce à dire qu'on ne peut pas appliquer à l'histoire la méthode hypothético-déductive si utile dans les études expérimentales et comparatives ? Est-ce à dire que toutes les sciences historiques (l'histoire, la paléontologie, la géologie, la cosmologie, la planétologie) ne sont pas des sciences ? Pas du tout. En fait, on peut très bien poser des hypothèses réfutables par les résultats de prédictions concernant le passé.

En science, le mot prédiction ne désigne pas seulement ce qui va se passer dans le futur, mais tout autant ce que l'on va trouver dans le futur. Ainsi, on a longtemps affirmé que si les baleines, vivant pourtant en mer, avaient un utérus, des mamelles et des poumons comme nous, c'est qu'elles descendaient de mammifères terrestres. En effet, les mammifères existent depuis environ 200 millions d'années et ils étaient tous des animaux terrestres jusqu'à l'émergence des baleines, il y a environ 50 millions d'années. Cette explication du fait que les baleines possèdent des mamelles et des poumons est tout à fait plausible ; elles auraient hérité ces caractères de leurs ancêtres lointains qui étaient des mammifères terrestres. Mais, encore une fois, on ne veut pas d'une explication seulement plausible, on veut s'assurer qu'elle soit vraie.

Malheureusement, on ne peut pas faire d'expérience contrôlée sur des mammifères actuels, par exemple des ours polaires qu'on garderait dans l'eau en permanence pour voir s'ils vont devenir des baleines. De même on pourrait, en théorie, faire des prédictions sur les descendants lointains éventuels des loutres de mer, par exemple; mais en pratique on ne peut pas attendre 5 ou 10 millions d'années pour voir si nos prédictions seront confirmées. Heureusement, on peut faire des « postdictions » ou « rétrodictions », des prédictions sur ce que l'on s'attend de trouver dans le futur concernant le passé.

Ainsi, si c'est vrai que les baleines, qui n'ont aucune patte postérieure, descendent de mammifères terrestres, qui ont tous quatre pattes, on prédit alors que, dans des couches de roches un peu plus vieilles que les plus vieux fossiles de baleines connus, on devrait trouver un jour des fossiles de mammifères que l'on reconnaîtra clairement comme des baleines (sur la base de leur crâne, de leurs dents, de leur taille et de leur milieu marin, tel que révélé par les fossiles d'espèces marines associées), mais qui auront de petites pattes postérieures. La prédiction est risquée et est véritablement une prédiction au sens scientifique du terme, même si elle concerne un événement passé. Comme cette prédiction s'est pleinement réalisée – on connaît en effet plusieurs espèces de telles baleines à quatre pattes [164] – la confirmation de l'explication de la présence de mamelles et de poumons chez les baleines est très forte, d'autant plus forte que la prédiction était risquée.

On dit qu'en science on n'est jamais sûr de rien hors de tout doute, mais dans un cas comme les éclipses de soleil, si nos prédictions se confirment à répétition avec une grande exactitude, on finit, après des dizaines d'éclipses où on ne s'est jamais trompé, par considérer que notre explication est absolument vraie. Quelqu'un qui en doute et qui prétend que les éclipses solaires pourraient être causées par autre chose que le passage de la Lune entre le Soleil et nous devra fournir une autre explication, meilleure que la nôtre, et tout aussi résistante à des prédictions risquées. En l'occurrence c'est très peu probable. On est donc justifié, jusqu'à preuve du contraire, mais avec une

confiance robuste, d'affirmer que notre explication des éclipses solaires est une vérité absolue et indéniable.

Si une ou plusieurs de nos prédictions ne s'étaient pas réalisées du tout, ou pas exactement, on n'aurait pas nécessairement rejeté notre hypothèse ou notre explication tout de suite. On aurait été porté, à juste titre, à la conserver faute de mieux, dans l'attente d'une meilleure. On pourrait alors tenter d'expliquer que nos prédictions sont imparfaites parce que nos connaissances (des planètes ou des fossiles) sont inadéquates et on prendrait justement l'échec de nos prédictions comme une occasion d'améliorer nos connaissances pour formuler de meilleures prédictions, par exemple pour prédire la prochaine éclipse à dix secondes plutôt qu'à une minute près. C'est comme cela, lentement et péniblement, que la science s'approche de la vérité. Dans toute cette démarche, seuls les faits sont indéniables (par exemple, l'heure exacte où l'éclipse s'est produite). Les faits recueillis avec soin ont toujours raison et ils sont têtus.

CHOISIR ENTRE PLUSIEURS HYPOTHÈSES

Souvent la démarche utilisée pour tenter d'expliquer un événement passé consiste à formuler plusieurs hypothèses et, toujours à l'aide d'observations et de prédictions, à recueillir des faits et à voir laquelle des hypothèses est la mieux appuyée par ces faits. On procède ainsi par élimination en choisissant parmi plusieurs hypothèses plus ou moins plausibles celle qui résiste le mieux à l'épreuve des faits. Prenons la disparition des dinosaures il y a environ 65 millions d'années. Ce groupe de reptiles a dominé les faunes terrestres pendant près de 150 millions d'années. On en connaît des centaines d'espèces bipèdes ou quadrupèdes, carnivores ou herbivores, de quelques kilogrammes à plusieurs tonnes. Ils occupaient donc un grand nombre de niches écologiques et ils étaient abondants sur la plupart des continents. C'est un des groupes d'animaux qui a connu le plus de succès dans l'histoire de la vie sur terre. Puis soudainement, tous disparaissent à la fin du Crétacé, il y a 65 millions d'années (en fait, les oiseaux actuels seraient des dinosaures à plumes, mais ça ne change rien à mon histoire puisque les dinosaures au sens usuel du terme sont bel et bien tous disparus, il y a 65 millions d'années).

Au cours des années, on a proposé de nombreuses explications de cet événement catastrophique planétaire : comment un si grand groupe d'animaux, aussi diversifiés que dominants depuis si longtemps a-t-il bien pu disparaître en entier et aussi soudainement ? On a proposé, entre autres, des changements climatiques, des maladies, des dérèglements du système reproducteur, une intelligence déficiente résultant de leur minuscule cerveau et la compétition avec les mammifères [68]. On imaginait par exemple que ces derniers, parce qu'ils étaient à sang chaud, s'en donnaient à cœur joie pendant la nuit pour dévorer les œufs et les jeunes des dinosaures engourdis par le froid nocturne. Bien sûr, ces cinq explications ne sont pas exclusives : peut-être que chacune a nui aux dinosaures à sa façon et que c'est l'addition des effets néfastes des quatre qui a causé leur disparition. En science, particulièrement en biologie, il est rare qu'une seule cause suffise à expliquer un phénomène.

Le problème majeur avec toutes ces explications est qu'elles ne sont que de simples spéculations ; on n'arrive pas à les transformer en véritables hypothèses scientifiques capables de générer des prédictions qui pourraient les mettre à l'épreuve des faits. Bien que toutes ces explications soient plausibles, toutes sont parmi les accusés ; on n'a aucun moyen de déterminer si l'une d'elles est coupable.

De plus, il faut souligner qu'en même temps que les dinosaures, de nombreuses autres espèces sont disparues également, notamment des foraminifères, 90 % des espèces animales et végétales du plancton marin et toutes les ammonites. Comme il semble peu probable qu'il s'agisse d'une coïncidence, on cherchait donc idéalement une cause qui expliquerait à la fois la disparition des dinosaures et celle des autres espèces dont l'écologie et le milieu de vie étaient tout à fait différents de ceux des dinosaures. C'est alors qu'en 1980 [7], on a proposé que, puisque la disparition des dinosaures s'était produite soudainement et à l'échelle de la planète, il fallait chercher une cause catastrophique, soudaine et planétaire. On a imaginé par exemple la chute d'un astéroïde de plusieurs kilomètres de diamètre qui, en percutant la Terre, aurait engendré un immense nuage de poussière. Ce nuage, en

se répandant dans l'atmosphère, aurait alors assombri la lumière du Soleil au point de créer une sorte d'hiver à la grandeur de la planète. Cette baisse soudaine et durable de température et de luminosité aurait entraîné une panne prolongée de la photosynthèse chez les plantes. Privés de nourriture et soumis à des températures glaciales, les dinosaures herbivores auraient alors été décimés, entraînant la mort des espèces carnivores dont ils étaient les proies.

De prime abord, ce scénario catastrophe est tout aussi spéculatif que tous les autres, sauf que sa véracité est confirmée par une première observation de la composition minérale d'une mince couche d'argile déposée un peu partout sur la terre il y a 65 millions d'années. En effet, la croûte terrestre n'a pas la même composition minérale que les astéroïdes. Ces derniers contiennent, entre autres, beaucoup d'iridium, un métal très rare dans la croûte terrestre. Or, dans cette couche de roches sédimentaires d'environ 65 millions d'années, un peu partout sur la planète, on trouve trente fois plus d'iridium que dans les couches juste avant et juste après celles de 65 millions d'années.

L'hypothèse était donc confirmée et elle était d'autant plus plausible qu'elle permettait d'expliquer qu'il y a 65 millions d'années, non seulement tous les dinosaures sur tous les continents sont disparus, mais de nombreuses autres espèces ont disparu en même temps, notamment des espèces de mollusques marins eux aussi affectés par la décimation du phytoplancton marin privé de lumière.

L'hypothèse d'une maladie quelconque était peu probable puisqu'il aurait fallu que la maladie touche toutes les espèces de dinosaures en même temps, mais pas les autres reptiles de l'époque comme les tortues et les crocodiles. L'hypothèse de la compétition avec les mammifères ne tient pas non plus puisqu'elle suppose qu'il y aurait eu une compétition entre mammifères et dinosaures dans toutes les niches occupées par ces derniers (petits, moyens, gros, herbivores et carnivores) et que les mammifères auraient gagné dans tous les cas. De plus, ces deux hypothèses ne disent rien au sujet des ammonites et des

foraminifères marins disparus en même temps. On se retrouve donc à devoir choisir entre, d'une part, deux spéculations qu'on ne peut pas tester par des prédictions spécifiques et qui n'expliqueraient qu'une partie des extinctions et, d'autre part, une hypothèse à première vue farfelue, mais appuyée par un test critique et qui n'explique pas seulement la disparition des dinosaures, mais celle des autres espèces aussi.

L'hypothèse de l'astéroïde satisfait cette exigence et résiste au test de l'iridium; elle est donc fortement fondée. Elle n'est cependant pas prouvée hors de tout doute. En effet, cette abondance d'iridium dans les couches de 65 millions d'années aurait pu être produite par une période d'activité volcanique intense puisque l'iridium, rare dans la croûte terrestre, est abondant dans les couches plus profondes sur lesquelles la croûte repose. Lors des éruptions volcaniques, ce magma profond, relativement riche en iridium, monte à la surface et est projeté dans l'atmosphère. Ces cendres volcaniques auraient pu provoquer la même panne de photosynthèse, entraîner l'extinction des dinosaures et des espèces marines et produire la trace d'iridium détectée.

Encore ici, pour choisir entre les deux hypothèses, il fallait formuler une prédiction au sujet d'une trace qu'aurait laissée une cause, mais pas l'autre. On savait que lors de la chute d'un astéroïde, le choc de l'impact est tel que les cristaux de quartz sont transformés d'une manière caractéristique. On peut l'observer en analysant le quartz des cratères météoritiques connus ou des sites d'explosion nucléaire. Comme les éruptions volcaniques ne produisent pas cet effet, les défenseurs de l'hypothèse de l'astéroïde tueur prédisaient que, dans les mêmes couches riches en iridium, on trouverait des cristaux de quartz portant la trace d'un choc intense et dispersés ensuite sur la planète dans les mêmes poussières portant l'iridium. On a cherché et on a trouvé. L'hypothèse avait donc survécu à une deuxième épreuve.

Pour lui donner encore plus de force, on pouvait la soumettre à un troisième test. Si c'est la chute d'un tel astéroïde de plusieurs kilomètres de diamètre qui a exterminé les dinosaures il y a 65 millions d'années, on devrait trouver quelque part sur la

planète un cratère de la taille correspondante et vieux de 65 millions d'années. Sur la base de la quantité d'iridium mesurée dans la couche frontière entre le Crétacé et le tertiaire (la couche K-T), on a estimé que l'astéroïde devait mesurer environ 10 km de diamètre et le cratère devait avoir au moins 150 km de diamètre. Grâce aux techniques modernes de la télédétection, on serait alors en mesure de voir ce cratère même s'il se trouvait aujourd'hui submergé. On aurait très bien pu ne jamais trouver un tel cratère, mais par chance on en a trouvé un qui correspond tout à fait aux prédictions (bonne taille et bon âge) près de la péninsule du Yucatan au Mexique. Ce cratère constitue ce qu'on appelle en anglais un « smoking gun », l'arme du crime si on veut. L'hypothèse de l'astéroïde n'est donc toujours pas prouvée hors de tout doute mais, en plus d'être plausible et utile pour expliquer la disparition des espèces marines et des dinosaures, elle est appuyée par trois traces qui témoignent toutes en sa faveur : l'iridium, le quartz et le cratère [112, 127, 156].

Cet exemple illustre encore une fois la meilleure façon dont dispose la science pour prouver qu'une hypothèse ou une théorie dit la vérité : tenter de prouver qu'elle ment. Le scientifique espère bien sûr que son hypothèse soit vraie, mais s'il fait son travail correctement et honnêtement, pour prouver qu'elle est vraie, il la soumettra à l'épreuve de prédictions risquées, soit des prédictions qui pourraient très bien ne pas être confirmées par des observations dirigées et, ce faisant, contredire l'hypothèse. Ici, on accuse l'astéroïde, mais on lui donne la chance de prouver qu'on a tort de l'accuser, en appelant des témoins qui risquent de nous contredire.

Dans cette démarche, le travail des compétiteurs est particulièrement utile et caractéristique de la science. L'hypothèse ou la théorie d'un auteur se retrouve dans une fosse aux lions où ces derniers, représentés par les auteurs d'hypothèses ou de théories rivales, font tout pour la démolir au profit de la leur. Rien de mou ou de faible ne peut survivre dans cette arène. Seules les théories qui disent la vérité ont des chances de triompher. De plus, leur triomphe n'est jamais à l'abri des attaques futures.

Conclusion

La science et la sécurité du doute

*Croyez ceux qui cherchent la vérité,
doutez de ceux qui la trouvent.*

André Gide

L'exercice de la raison pour tenter de comprendre le monde est une capacité probablement unique à l'espèce humaine. Nous sommes capables d'être rationnels, c'est-à-dire utiliser notre raison et notre esprit critique pour interpréter ce que nous voyons. Cependant, notre penchant naturel n'est pas la rationalité, mais la crédulité. Il nous est très facile de croire, d'inventer des histoires pour expliquer ce que l'on voit et de croire nos propres histoires. On trouve en effet dans toutes les cultures, actuelles ou anciennes, une grande diversité de mythes, de légendes, de religions et de superstitions. De même, dès l'enfance nous avons une grande capacité à fabuler, à nous « conter des histoires ». Enfin, si la rationalité était une caractéristique naturelle et spontanée de notre espèce, elle aurait émergé beaucoup plus tôt alors qu'elle ne s'est manifestée qu'à partir des grands philosophes grecs, il y a à peine 2 500 ans. Elle ne fait partie d'aucune autre culture de l'époque, ni chez les Égyptiens, les Chinois ou les Arabes qui, pourtant, possédaient tous une grande expertise technique et une excellente connaissance de la nature [40]. Puisque notre espèce existe depuis au moins 100 000 ans, c'est donc dire que 97,5% de notre histoire s'est déroulée avant l'invention de la raison. La rationalité, dont l'esprit scientifique est la meilleure expression, n'est donc pas un « instinct » ; elle n'est pas une

caractéristique de notre nature animale, mais plutôt de notre nature humaine. On ne naît pas rationnel, on le devient à force de volonté, d'obstination, de lucidité et de vigilance.

Un des éléments majeurs de l'utilisation de notre raison pour expliquer le monde consiste à douter, à remettre en question ce que l'on voit et ce que l'on croit. Le doute n'est pas un geste naturel : on ne naît pas sceptique, on naît crédule et heureusement qu'il en est ainsi. La crédulité est une caractéristique vitale de l'enfant. À la naissance, il ne connaît rien et ne comprend rien. Il est entouré d'adultes, à commencer par ses parents qui, par rapport à lui, connaissent tout ou en tout cas, de nombreuses vérités : le feu brûle et les lions sont dangereux. Un enfant qui ne croirait rien de ce que ses parents lui disent devrait apprendre par lui-même, par essais et erreurs que le feu brûle et que les lions sont dangereux. Le prix à payer pour un tel scepticisme pourrait être énorme. Il n'est donc pas surprenant que la sélection naturelle ait fait les enfants si crédules.

Malheureusement, comme l'a dit Dawkins (1995), la crédulité s'applique à tout ce que l'enfant entend, le vrai comme le faux : il croit autant, peut-être même plus, à l'existence du père Noël qu'au danger des lions. Le cerveau d'un enfant est comme une éponge sèche, avide d'information. Il a une immense capacité d'apprentissage (il apprend sa langue maternelle avec grande facilité, par exemple) et un énorme appétit d'information, de nouveauté ; il est animé d'une curiosité insatiable. L'enfant est un ogre d'information. Dawkins compare le cerveau de l'enfant à la chenille, le stade larvaire du papillon, une machine à ingurgiter de la nourriture. Son seul but est de manger pour grandir et devenir un papillon. Une fois devenu papillon, sa croissance s'arrête ; il se nourrit de nectar juste assez pour avoir de l'énergie pour voler. Son seul objectif est alors de se reproduire.

À partir de ce qu'on appelait très justement jadis l'âge de raison, c'est-à-dire 6 ou 7 ans, l'enfant commence à douter. Il commence péniblement à faire la distinction entre les fables, les légendes, les contes et la vérité. Il tombe de haut, allant de déception en déception à mesure qu'il découvre que le père Noël et les bonnes fées n'existent pas. Il recevra plus tard une

Conclusion

certaine consolation en réalisant que les démons et les monstres n'existent pas non plus. Privé du ciel, il sera sauvé de l'enfer.

S'il devient un adulte normal, à plus forte raison s'il devient un scientifique, il découvrira que le doute est son meilleur allié pour distinguer la réalité de la fiction ou la vérité du mensonge. Il découvrira les vertus de quitter le monde des chenilles pour celui des papillons. Mais douter n'est pas un exercice de tout repos. Le sceptique est rarement populaire dans une conversation. On n'associe souvent que des défauts au scepticisme. On croit à tort qu'un sceptique ne croit jamais rien, qu'il rejette toutes les idées nouvelles ou inusitées, qu'il est arrogant et agressant, qu'il a un esprit fermé et qu'il se croit infailible dans son doute. Ces accusations courantes viennent surtout d'en dehors de la science, particulièrement des religions, des vendeurs de paranormal et des recruteurs de sectes.

Le sceptique équilibré ne doute pas de tout, il n'est pas dogmatique dans tous ses doutes. On connaît l'histoire de ces spécialistes à la fin du 19^e siècle qui affirmaient avec assurance qu'un objet plus lourd que l'air ne pourrait jamais voler. On est donc prudent avant de déclarer que quelque chose est impossible. Cependant, si une affirmation va à l'encontre des lois de la physique ou des règles de logique ou de tout ce que l'on connaît dans le domaine concerné, on est justifié d'en douter d'une manière catégorique : je suis certain que personne ne peut léviter, ni courir à 100 km à l'heure, ni prédire avec assurance le résultat du prochain tirage de la loterie. Arthur C. Clarke, l'auteur de *2001 : l'odyssée de l'espace* a affirmé avec justesse que les exploits technologiques sont souvent impossibles à distinguer de la magie. La musique sur disque laser et Internet, deux exemples banals de notre quotidien, auraient semblé tout à fait magiques, il y a à peine 30 ans. Cependant, pour mille choses qui nous semblent magiques ou impossibles aujourd'hui, la plupart sont effectivement impossibles. On est donc tout à fait justifié de ne pas tout croire. La vérité n'est pas partout.

*Le grand principe
expérimental est donc
le doute, le doute
philosophique qui laisse
à l'esprit sa liberté
et son initiative.*

Claude Bernard

La science cultive et encourage un scepticisme positif : ni dogmatique, ni radical. L'expression scepticisme positif peut sembler contradictoire, mais elle souligne la difficulté de connaître la vérité et la saine méfiance avec laquelle on doit avancer vers la vérité. On ne doute pas pour rejeter, pour démolir ou pour contredire, mais pour raffermir progressivement le chemin que l'on construit vers la vérité. Plus je doute, moins j'ai de chance d'être trompé et de me tromper, moins j'ai de chance de m'enliser dans l'erreur. Le doute sert entre autres à minimiser les risques d'être trompé par les faux négatifs (conclure qu'un effet ou qu'une différence n'existe pas alors que cela existe) ou les faux positifs (conclure que cela existe alors qu'il n'en est rien). Les analyses statistiques servent justement à nous donner plus de confiance dans nos conclusions. Ces conclusions sont rarement certaines, elles sont presque toujours seulement probablement certaines, les statistiques servant à dire avec quelle probabilité elles le sont.

Croire et savoir sont deux attitudes totalement distinctes. Pour qui cherche la vérité, il est beaucoup plus utile et prudent de douter que de croire. Le chemin qui mène au savoir est couvert de doute. Avant de savoir que l'hérédité est portée par la molécule d'ADN, on a longtemps cru à d'autres explications que l'on a rejetées tour à tour [157]. Pour les rejeter il a fallu que quelqu'un en doute. L'exercice du doute, le scepticisme, est un voyage vers la lumière de la vérité. Même quand il sait, le sceptique garde toujours une ouverture, il est toujours prêt à faire un pas de plus vers la vérité et il n'est jamais totalement figé sur sa position.

Le verbe douter a une connotation négative : quand je doute, je refuse ce que d'autres acceptent. Mais le doute de la science est un doute positif : tant que je doute, je cherche. En science, le doute n'est qu'un outil pour démasquer l'erreur, le mensonge, l'illusion, une sorte d'ouvre-boîte qui permet d'examiner le vrai contenu des apparences, des affirmations, des convictions, des opinions. C'est l'outil qui a permis à Emily Rosa de voir que les praticiennes du toucher thérapeutique ne pouvaient pas sentir ce qu'elles disaient (et croyaient peut-être) pouvoir sentir.

Conclusion

Comme l'a dit Claude Bernard (1865), le savant est un « douteur » (p. 18). C'est exactement ce que Karl Popper a repris cent ans plus tard avec son idée de réfutabilité: on établit la véracité d'une hypothèse ou d'une théorie en la soumettant à l'épreuve du doute. « Par sceptique, j'entends examinateur autant que douteur » (Sainte-Beuve).

Le doute du scientifique en quête de vérité me semble très différent du doute du croyant [72]. D'abord, le croyant qui ne doute pas ne cherche pas à savoir; il est convaincu dès le départ de détenir la vérité. Par exemple, les créationnistes soi-disant scientifiques ont toutes les réponses à leurs questions sur l'origine de l'Homme dans la bible. Par opposition le scientifique cherche et, dès le départ, sa recherche est déclenchée par une question, suivie de nombreuses autres: d'où vient l'humain, pourquoi sommes-nous bipèdes, qui sont nos ancêtres, etc.? Le croyant qui doute dit: « Je ne sais pas, je suis prêt à ne jamais savoir, je voudrais croire, j'espère croire un jour. » Le scientifique affirme plutôt: « Je ne sais pas, je ne veux pas croire, je veux savoir et je ne saurai pas tant que je vais douter. » Le doute du croyant est plutôt fermé, paralysant alors que le doute du scientifique est positif, ouvert, motivant, stimulant, vivace, il invite à chercher.

En science, le doute n'est pas une position molle, c'est au contraire un outil dur et tranchant. Le véritable scientifique doute avec une conviction salutaire. Il est certain qu'il faut douter, c'est tout le contraire de ceux qui, n'ayant que des certitudes, sont certains de détenir la vérité. C'est pour ça que le scientifique qui affirme quelque chose avec quasi-certitude est davantage digne de confiance que n'importe qui d'autre: on sait que pour en arriver à cette certitude, il a longtemps et vigoureusement douté. En ce sens, on prendrait beaucoup plus au sérieux le scientifique sceptique qui affirmerait avoir rencontré des extraterrestres que celui qui y croyait avant d'affirmer en avoir vus.

Encore une fois, l'expression « Il faut le voir pour le croire », n'a en fait aucun sens: si je le vois, je ne peux pas le croire. Si on reformulait le dicton ainsi: « Il faut le savoir pour le croire », on verrait mieux la contradiction. Si on sait, on ne peut pas croire et on n'a pas besoin de croire. Quand on croit,

c'est faute de ne pas savoir ; on ne croit pas par choix ; si on pouvait, on aimerait mieux savoir que croire.

Le doute sert à effacer le doute. Sauf pour ce qui est simple et parfaitement évident pour tout le monde (je suis assis sur une chaise, je suis vivant, ce crayon est dans ma main), on ne peut être sûr de rien dont on n'a pas douté au moins un peu. La solidité d'une certitude est à la mesure du doute qui a servi à la construire. C'est comme si le doute épuisait le doute petit à petit, rarement totalement, mais parfois suffisamment pour être confiant de toucher la vérité. Le doute est une assurance vérité.

On doit semble-t-il au philosophe grec Pyrrhon (–365 à –275) cette philosophie du doute, qu'il a nommée la zététique, « l'art du doute » (Broch). Ce terme est repris et modernisé notamment par Henri Broch dans son enseignement de l'esprit critique à l'Université de Nice-Sophia Antipolis. Le *Littre* définit ainsi la zététique (du grec *zetein* = chercher) : « La méthode dont on se sert pour pénétrer la raison des choses. » Ça correspond tout à fait à la mission supérieure de la science qui consiste à comprendre le monde. Pour des représentations actuelles de cette philosophie du doute, voir la Collection zététique (www.book-e-book.com) dirigée par Henri Broch ainsi que le site de l'observatoire zététique de Grenoble (www.observatoire-zetetique.org).

Pyrrhon aurait aussi affirmé que : « Le seul but que le philosophe peut viser est le bonheur négatif, l'absence de trouble (ou ataraxie) » (*Le Petit Robert*). Cette attitude cadre tout à fait

Les médias sont l'Eldorado de l'imposteur. La capacité des médias à produire du mensonge qui passe pour du vrai n'est pas nouvelle.

Michel de Pracontal

avec sa philosophie scientifique fondée sur le doute. Il semble en effet dire : « Si nous ne pouvons pas être heureux, au moins tâchons de ne pas être malheureux. » N'est-ce pas comme la recherche de vérité en science ? Puisque nous ne pouvons pas trouver la vérité absolue, alors tâchons au moins de nous en approcher en débusquant

le mensonge et l'erreur. Cela rejoint exactement l'idée maîtresse de réfutabilité de Popper.

Conclusion

Il est primordial de douter, d'être sceptique, d'exercer son esprit critique parce qu'il est difficile de connaître la vérité au sujet de la réalité. La réalité est complexe, notre raison est très limitée, notre ignorance est immense, même si elle diminue petit à petit grâce à la science. Notre désir et notre besoin de savoir ne sont jamais satisfaits, notre peur de l'inconnu est toujours vivace et notre imagination est très fertile. Voilà réunis tous les ingrédients pour voir jaillir une infinité de mythes, de légendes, de religions, de croyances et de superstitions, qui prétendent répondre à nos questions et expliquer le monde, mais ne génèrent que des fictions, des mirages, des illusions.

Le succès phénoménal de la littérature du nouvel-âge, de l'ésotérisme, du paranormal, de l'imaginaire (*Harry Potter*, *Le seigneur des anneaux*, *La prophétie des Andes*, *Le Code Da Vinci*, *Deepak Chopra* [102]...) démontrent notre besoin et notre désir de se faire raconter des histoires. C'est un besoin et un désir d'enfant qui durent toute la vie. L'industrie de l'imaginaire et de la fiction est aussi florissante parce qu'elle exploite quatre ressources inépuisables : notre crédulité, notre désir de croire, notre peur de l'inconnu et notre besoin de réponse « ... rien ne se vend mieux que les illusions enrobées de pseudo-savoir » (Athané *et al.*, 2004 : 730). Il en est ainsi pour la religion. Elle est très répandue dans toutes les cultures et depuis toujours, grâce à ces quatre mêmes ressources. Mais où est la vérité dans tout ça ?

C'est beaucoup plus naturel et confortable de croire que l'on sait que de douter. Le confort est beaucoup plus vendeur que la vérité. La vérité est trop souvent inconfortable et indifférente à nos désirs. La science des 35 dernières années a confirmé que Jacques Monod avait raison d'affirmer que « L'homme sait enfin qu'il est seul dans l'immensité indifférente de l'univers d'où il a émergé par hasard » [103]. Niant ou ignorant cette réalité, toutes les religions promettent un sens cosmique à nos existences et une vie heureuse après la mort. La grande vertu du doute, sa seule promesse est de défendre la vérité. La recherche du confort et du plaisir est parfaitement légitime et profondément ancrée dans notre nature animale [35], alors que la recherche de

*Les vérités qu'on aime
le moins entendre sont
celles que l'on a le plus
intérêt à savoir.*

Proverbe chinois

vérité n'est que très récente, pas toujours source de plaisir et uniquement humaine. À moins d'efforts considérables de notre part, la compétition entre plaisir et vérité est perdue d'avance pour cette dernière.

Le chemin du plaisir est bordé de roses ; toutes les épines sont sur le chemin de la vérité. Il s'agit d'un choix entre, d'une part, le dur labeur de chercher à comprendre et la difficulté d'admettre certaines vérités difficiles à accepter et, d'autre part, se faire plaisir en acceptant comme vraie une croyance qui nous plaît émotionnellement.

Encore une fois, sceptique n'est pas synonyme de cynique. On cherche en science à naviguer entre deux attitudes extrêmes,

*La raison est une
conquête fragile.*

Henri Broch

tentantes et faciles : celle de l'enfant qui croit n'importe quoi et celle du cynique qui ne croit plus rien. Si on croit n'importe quoi (aussi bien la lévitation que Newton) ou si on doute de tout (aussi bien de l'astronomie que de l'astrologie), on n'a plus aucun moyen de distinguer le vrai du faux. La vérité se trouve quelque part entre les deux. La science encourage tout autant l'esprit ouvert que l'esprit critique.

Cet esprit critique, cette culture du doute positif est indispensable pour être un humain éclairé d'aujourd'hui, plutôt qu'une « âme » perdue dans les ténèbres du Moyen Âge ou même un Homme de Cro-Magnon. Malgré toutes nos connaissances et toute notre culture actuelle (ou est-ce grâce à ces connaissances ?), nous possédons encore aujourd'hui le même corps et probablement le même cerveau que Cro-Magnon il y a 30 000 ans. Deux choses nous distinguent de lui cependant. D'abord la con-

*[...] avoir l'esprit ouvert
n'est pas l'avoir béant à
toutes les sottises.*

Henri Broch

naissance, c'est-à-dire le contenu des bibliothèques, et surtout l'esprit critique, l'attitude scientifique, la culture du doute. Si, aujourd'hui, on n'utilise pas cette façon de penser, on est des Cro-Magnon, prisonniers de nos peurs, bercés par nos légendes,

Conclusion

trompés par nos superstitions. L'océan d'information dans lequel nous baignons grâce à Internet et aux médias par exemple n'y change rien. Sans esprit critique, nous sommes des Cro-Magnon branchés sur Internet.

Cet esprit critique vigilant et éclairé ne sert pas seulement aux scientifiques de métier. C'est une attitude tout aussi utile dans le quotidien de tous et de chacun. Elle nous aide à mener une vie au moins aussi excitante que celle qui serait fondée sur la fiction, la croyance et l'imaginaire, avec en plus l'avantage d'être fondée sur la vérité.

Nous pouvons tous tirer profit quotidiennement de notre esprit critique face aux nombreuses affirmations et informations, souvent contradictoires, émanant des experts, des vendeurs, des politiciens, des médias... portant sur la santé, l'alimentation, l'économie, la vie en démocratie. Doit-on avoir peur des OGM, du clonage, de l'euthanasie, des téléphones portables, du réchauffement climatique, du nucléaire, de l'immigration, du terrorisme ?

Il faut une forte dose d'esprit critique pour aborder et affronter personnellement et collectivement les innombrables questions pressantes qui touchent de près notre vie, notre santé, notre reproduction, notre avenir et l'environnement. Ce n'est certainement pas en faisant taire notre raison, en croyant

aveuglément comme des enfants, en éteignant notre esprit critique, en suivant un gourou, religieux ou non, qui nous offre de penser à notre place, qu'on va y arriver. Ni en s'appuyant sur la révélation biblique ou autre, sur la tradition ou sur l'autorité. Le développement et l'utilisation vigoureuse de ma raison, de mon esprit critique est une responsabilité personnelle : personne ne peut le faire pour moi. On peut très bien survivre sans ça ; Cro-Magnon l'a fait de brillante façon pendant 100 000 ans.

Du point de vue du grand public, l'imposture et le canular sont souvent indiscernables d'un contenu scientifique sérieux.

Michel de Pracontal

Notre civilisation est construite sur la lumière, pas sur l'obscurité. Renoncer à l'éclairage de la science, ce serait donner libre cours à l'obscurantisme, à l'irrationalisme, aux sectes, à la pseudoscience et à l'ésotérisme.

Michel Serres

La sélection naturelle nous a merveilleusement bien conçus pour survivre et nous reproduire comme elle a conçu la gazelle et la panthère. Mais l'usage de la raison, particulièrement du doute constructif, est indispensable pour vivre une vie d'humain civilisé, libre et éclairé d'aujourd'hui, plutôt que celle d'un Primate de plus soumis aux lois de la jungle.

L'usage de la raison est indispensable pour comprendre le monde, la vie et nous-mêmes : une tâche dont l'urgence s'accélère. On n'y arrivera pas dans l'illusion, le mensonge, l'erreur et la fiction. Le doute est notre meilleur gage d'espoir et de confiance d'être sur le chemin de la vérité. Seule la vérité peut mener à la liberté et le doute est notre meilleur outil pour trouver la vérité et notre meilleure arme pour la défendre. Admirons et encourageons le douteur sincère dans sa quête de vérité.

Quelle tragédie ce serait de dilapider le plus beau fleuron de l'esprit humain en construction depuis 2 500 ans et déjà responsable de tant d'éclairages et de bienfaits. Tuer la science serait l'ultime démonstration de la stupidité dont notre espèce est capable.

La science, le doute, la vérité : notre seul espoir pour l'avenir ; notre seul moyen d'éviter un retour accéléré, hélas déjà amorcé, vers une nouvelle barbarie où il ne sera plus possible de vivre mais seulement de survivre. Où nous ne pourrons plus que rêver de vérité, de bonté, de beauté, de liberté perdues, tous ces luxes qui permettent à l'animal que nous sommes, d'être un véritable humain.

Références

1. Abell, G.O. et B. Greenspan. 1979. « Human birth and the phase of the moon », *The New England Journal of Medicine*, 300(2), p. 96.
2. AFIS. 2004. « Phénomènes “paranormaux”. Quinze années de test et d’expériences ». Laboratoire de zététique. *Science et Pseudo-sciences*, n° 261, p. 28-34.
3. AFIS. 2005. Troisième de couverture de *Science et Pseudo-sciences*, revue de l’Association Française pour l’Information Scientifique.
4. Alcock, J. 2001. *The triumph of sociobiology*. Oxford University Press.
5. Alexander, R.D. 1987. *The biology of moral systems*. Hawthorne, New York.
6. Altmann, J. 1974. « Observational study of behaviour: sampling methods », *Behaviour*, 48, p. 225-265.
7. Alvarez, L.W., W. Alvarez, F. Asaro et H.V. Michel. 1980. « Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction », *Science*, 208, p. 1095-1108.
8. Aron, S. et L. Passera. 2000. *Les sociétés animales : évolution de la coopération et organisation sociale*. De Boeck Université.
9. Asimov, I. 1990. *Les moissons de l’intelligence*. L’Horizon chimérique, Bordeaux.
10. Association Humaniste du Québec (AHQ): <http://www.lfhq.org>

11. Athané, F., J. Dubessy, G. Lecointre et M. Silberstein. 2004. *L'avenir de la science et le marché des illusions*, dans Dubessy, Lecointre et Silberstein, 2004, p. 727-741. Éditions Syllepse, Paris.
12. Aulas, J.J. 1993. *Les médecines douces, des illusions qui guérissent*. Odile Jacob, Paris.
13. Aveni, A. 2002. *Behind the crystal ball. Magic, science and the occult from antiquity through the new age*. University Press of Colorado.
14. Ayala, F. 2004. *Design without designer. Darwin's greatest discovery*, p. 55-80, dans Ruse et Demski, 2004.
15. Baillargeon, N. 2005. *Petit cours d'autodéfense intellectuelle*. Collection « Instinct de liberté ».
16. Barrette, C. 1977a. « Fighting behavior of muntjac and the evolution of antlers », *Evolution*, 31, p. 169-176.
17. Barrette, C. 1977b. « Some aspects of the behaviour of muntjacs in Wilpattu National Park », *Mammalia*, 41, p. 1-34.
18. Barrette, C. 1977c. « The social behaviour of captive muntjacs, *Muntiacus reevesi* », *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 54, p. 188-213.
19. Barrette, C. 1988. « Causal analysis in behavioural ecology », *Animal Behaviour*, 36, p. 310.
20. Barrette, C. 1991. « The size of Axis deer fluid groups in Wilpattu National Park, Sri-Lanka », *Mammalia*, 55, p. 207-220.
21. Barrette, C. 2000. *Le miroir du monde. Évolution par sélection naturelle et mystère de la nature humaine*. Éditions MultiMondes, 356 p.
22. Barrow, J.D. 1998. *Impossibility: the limits of science and the science of limits*. Oxford University Press.
23. Bélanger, M. 1999. *Sceptique ascendant sceptique. Le doute et l'humour: pour aborder les années 2000*. Éditions Stanké.
24. Bernard, C. 1865. *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Garnier-Flammarion.
25. Bisailon, M. 2003. *Raël: enquête sur le mouvement raélien*. Les Intouchables.

Références

26. Bricmont, J. 2002. « Pour un usage nuancé de Popper », *Science et Pseudo-sciences*, n° 254, p. 1 et 56.
27. Bricmont, J. 2003a. *Science et religion : l'irréductible antagonisme*, p. 121-138, dans Dubessy et Lecointre, 2003.
28. Bricmont, J. 2003b. *Qu'est-ce que le matérialisme scientifique ?*, p. 155-160, dans Dubessy et Lecointre, 2003.
29. Brights : <http://www.the-brights.net/>
30. Brissonet, J. 2003. « Désinformation, paludisme et DDT », *Science et Pseudo-sciences*, n° 260, p. 7-22.
31. Broch, H. 2000. « Les prisons de l'esprit », *Agone*, 23, p. 109-129.
32. Broch, H. 2001. *Le paranormal. Ses documents, ses hommes, ses méthodes*. Seuil, Points.
33. Broch, H. 2002. *Au cœur de l'extraordinaire*. Collection Zététique. Éditions book-e-book.com.
34. « Pourquoi nous avons soif de magie ? », *Ça m'intéresse*, n° 205, décembre 2001, p. 55-62.
35. Cabanac, M. 2003. *La cinquième influence ou la dialectique du plaisir*. Presses de l'Université Laval.
36. Capra, F. 1983. *The tao of physics: An exploration of the parallels between modern physics and Eastern mysticism*, 2^e édition. Flamingo, Fontana paperback.
37. Caso, A. 2002. « Three skeptics' debate tools examined », *Skeptical Inquirer*, janvier-février 2002, p. 37-41.
38. Chalmers, A.F. 1987. *Qu'est-ce que la science ? Récents développements en philosophie des sciences*. Éditions La Découverte.
39. Charpak, G. et H. Broch. 2002. *Devenez sorciers, devenez savants*. Odile Jacob.
40. Châtelet, F. 1992. *Une histoire de la raison. Entretiens avec Émile Noël*. Points, Sciences. Seuil.
41. Cuniot, A. 1989. « Incroyable... mais faux ! Essai critique sur l'obscurantisme moderne », *L'Horizon chimérique*. Collection Zététique.

42. Cyrulnik, B. 1983. *Mémoire de singe et paroles d'homme*. Hachette, Pluriel.
43. Dawkins, R. 1989. *L'horloger aveugle*. Laffont.
44. Dawkins, R. 1995. « Putting away childish things », *Skeptical Inquirer*, 19(1), p. 31-36.
45. Dawkins, R. 1996. *Le gène égoïste*. Odile Jacob (édition originale: *The selfish gene*. 1976. Oxford University Press).
46. Dawkins, R. 1998. *Unweaving the rainbow. Science, delusion and the appetite for wonder*. Houghton Mifflin.
47. Dawkins, R. 1999. « You can't have it both ways : irreconcilable differences ? », *Skeptical Inquirer*, July-August 1999, p. 62-64.
48. Dawkins, R. 2003. *A devil's chaplain. Reflections on hope, lies, science and love*. Houghton Mifflin.
49. De Koninck, T. 2000. *La nouvelle ignorance et le problème de la culture*. Presses Universitaires de France.
50. De Pracontal, M. 2005. *L'imposture scientifique en dix leçons*. Éditions du Seuil.
51. Dewdney, A.K. 1997. *Yes, we have no neutrons. An eye-opening tour through the twists and turns of bad science*. Wiley.
52. Doury, M. 1997. *Le débat immobile. L'argumentation dans le débat médiatique sur les parasciences*. Éditions Kimé.
53. Dubé, L. 2006. « Illusions cognitives », *Le Québec Sceptique*, 59, p. 50-59.
54. Dubessy, J. 2004. *Le principe de NOMA de Stephen Jay Gould: une analyse politique*, p. 555-578, dans Dubessy, Lecointre et Silberstein. 2004. Éditions Syllepse.
55. Dubessy, J. et G. Lecointre (sous la direction de). 2003. *Intrusions spiritualistes et impostures intellectuelles en sciences*. Éditions Syllepse.
56. Dubessy, J., G. Lecointre et M. Silberstein (sous la direction de). 2004. *Les matérialismes (et leurs détracteurs)*. Éditions Syllepse.

Références

57. Eldredge, N. 2000. *The failure of creationism and the triumph of evolution*. Freeman.
58. Elton, C. et M. Nicholson. 1942. «The ten-year cycle in numbers of the lynx in Canada», *Journal of Animal Ecology*, 11, p. 215-244.
59. Ferry, L. «Apprivoiser la mort pour mieux vivre. Grand entretien», dans *Le Nouvel Observateur*, Hors-séries n° 62, avril-mai 2006, p. 4-7.
60. Forester, B.P. 1999. «The use of placebos in psychiatric research», *International Journal of Psychiatry in Medicine*, 29, p. 91-93.
61. Forget, P. (sous la direction de). 1999. *Y croyez-vous ? Pour en finir avec le paranormal*. Éditions Stanké.
62. Freeman, C. 2003. *The closing of the Western mind. The rise of faith and the fall of reason*. Knopf.
63. Freidlander, M.W. 1995. *At the fringes of science*. Westview Press.
64. Galifret, Y. (textes réunis et présentés par). 1965. *Le crépuscule des magiciens. Le réalisme fantastique contre la culture*. Éditions de l'Union rationaliste, Paris.
65. Gardner, M. 1981. *Science: good, bad and bogus*. Prometheus Book.
66. Gardner, M. 2000. *Did Adam and Eve have navels ? Discourses on reflexology, numerology, urine therapy and other dubious subjects*. Norton.
67. Gauthier, D. et C. Barrette. 1985. «Suckling and weaning in captive white-tailed and fallow deer», *Behaviour*, 94, p. 128-149.
68. Gould, S.J. 1984. «Sex, drugs, disasters, and the extinction of dinosaurs», *Discover*, mars 1984, p. 67-72.
69. Gould, S.J. 2000. *Et Dieu dit : « Que Darwin soit ! »*, *Science et religion enfin la paix ?* Seuil, Paris.
70. Gould, S.J. 2004. *Cette vision de la vie. Dernières réflexions sur l'histoire naturelle*. Seuil, Science ouverte.

71. Hawking, S.W. 1988. *Une brève histoire du temps*. Flammarion, Paris.
72. Hecht, J.M. 2003. *Doubt. A history. The great doubters and their legacy of innovation from Socrates and Jesus to Thomas Jefferson and Emily Dickinson*. Harper, San Francisco.
73. Houziaux, A., P. Gaudin, A. Gounelle et M. Serfaty. 2005. *La religion est-elle une superstition ?* Les éditions de l'Atelier.
74. Hughes, H.C. 1999. *Sensory exotica. A world beyond human experience*. MIT Press, A Bradford Book.
75. Jacquard, A. 1993. *Construire une civilisation terrienne*. Fides, Montréal.
76. Jean-Paul II. 1997. « The pope's message on evolution and four commentaries », *Quarterly review of biology*, 72, p. 375-406.
77. Jean-Paul II. 1998. *Foi et Raison. Lettre encyclique Fides et ratio sur les rapports entre la foi et la raison*. Fides, Montréal.
78. Jones, O.D. 1999. « Sex, culture, and the biology of rape : Toward explanation and prevention », *California Law Review*, 87, p. 827-942.
79. Keith, L.B. et L.A. Windberg. 1978. « A demographic analysis of the snowshoe hare cycle », *Wildlife Monograph*, n° 58.
80. Klein, E. 2003. *La science nous menace-t-elle ?* Les petites pommes du savoir. Éditions Le Pommier.
81. Krebs, C.J., S. Boutin, R. Boonstra, A.R.E. Sinclair, J.N.M. Smith, M.R.T. Dale, K. Martin et R. Turkington. 1995. « Impact of food and predation on snowshoe hare cycle », *Science*, 269, p. 1112-1115.
82. Kunth, D. et P. Zarka. 2005. « L'astrologie », *Que sais-je ?*, n° 2481. Presses Universitaires de France.
83. Lahire, B. 2004. *Imposture en sociologie : le cas d'Elizabeth Teissier*, p. 653-674, dans Dubessy, Lecointre et Silberstein 2004.
84. Lavigueur, L. et C. Barrette. 1992. « Suckling, weaning and growth in captive woodland caribou », *Canadian Journal of Zoology*, 70, p. 1753-1766.

Références

85. Lecointre, G. et H. Le Guyader. 2001. *Classification phylogénétique du vivant*. Bélin, Paris.
86. Lecourt, D. (sous la direction de). 1999. *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. Presses Universitaires de France.
87. Leikind, B. 1995. « Can science prove God ? », *Skeptic*, 3(4), p. 57-63.
88. Louis, R. 1994. *Dictionnaire du mystère*. Éditions du Félin.
89. Marhic, R. (sous la direction de). 2002. *Guide critique de l'extraordinaire*. Les Arts libéraux.
90. Marks, J., C.K. Church et G. Benrubi. 1983. « Effects of barometric pressure and lunar phases on premature rupture of the membranes », *The Journal of Reproductive Medicine*, 28(7), p. 485-488.
91. Martel, Y. 2003. *L'histoire de Pi*. XYZ éditeur.
92. Martin, B. 1998. « Coincidences: remarkable or random ? », *Skeptical Inquirer*, 22(5), p. 23-28.
93. Mayr, E. 1982. *The growth of biological thought. Diversity, evolution and inheritance*. Harvard University Press. (1993: Darwin et la pensée moderne de l'évolution. Odile Jacob).
94. Mayr, R. 1988. *Toward a new philosophy of biology. Observations of an evolutionist*. Harvard University Press.
95. McCann, B. 2004. *Raël: journal d'une infiltrée*. Éditions Stanké.
96. Medawar, P.B. 1967. *The art of the soluble*. Methuen, Londres.
97. Medawar, P.B. 1969. *Induction and intuition in scientific thought*. Methuen, Londres.
98. Medawar, P.B. 1973. « What's human about Man is his technology », *The Smithsonian*, May 1973, p. 22-29.
99. Medawar, P.B. 1979. *Advice to a young scientist*. Harper & Row, New York.
100. Medawar, P.B. 1984. *The limits of science*. Harper & Row, New York.

101. Mill, J.S. 1874. *La Nature*. Éditions La Découverte. Cité dans *Sciences et Pseudo-sciences*, n° 266, p. 1, mars 2005.
102. Molé, P. 1998. « Deepak's dangerous dogmas ». *Skeptic*, 6(2), p. 38-45.
103. Monod, J. 1970. *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*. Seuil, Paris.
104. Monvoisin, R. 2004. *Protocole expérimental: Magnétisme*. <http://www.observatoire-zetetique.org>
105. Moore, J.A. 2002. *From genesis to genetics. The case of evolution and creationism*. University of California Press.
106. Moran, P.A.P. 1953. « The statistical analysis of the Canada lynx cycle. I. Structure and prediction », *Australian Journal of Zoology*, 1, p. 163-173.
107. Morrison, P. et P. Morrison. 1987. *The ring of truth. An inquiry into how we know what we know*. Random House.
108. Osley, M., D. Summerville et L.B. Borst. 1973. « Natality and the moon », *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 117(3), p. 413-415.
109. Paley, W. 1803. *Natural theology: or evidence of the existence and attributes of the Deity, collected from the appearances of nature*. 6^e édition. R. Faulder, London.
110. Parejko, K. 1999. « Selection for credulity: A biologist's view of belief », *Skeptic*, 7(1), p. 37-39.
111. Park, R. 2000. *Voodoo science. The road from foolishness to fraud*. Oxford University Press.
112. Paul, G.S. 1989. « Giant meteor impacts and great eruptions: Dinosaur killers ? », *BioScience*, 39(3), p. 162-172.
113. Pauwels, L. et J. Bergier. 1960. *Le matin des magiciens. Introduction au réalisme fantastique*. Gallimard.
114. Péloquin, M. 2004. *Claude Vorilhon, Raël: voleur d'âmes*, Éditions Trait d'Union.
115. Pérusse, L. 1999. « L'obésité: maladie héréditaire ou culturelle ? », *Diététique en Action*, 13(1), p. 7-10.

Références

116. Piattelli-Palmarini, J. 1994. *Inevitable illusions. How mistakes of reason rule our minds*. Wiley.
117. Pinker, S. 2002. *The blank slate: the modern denial of human nature*. Viking.
118. Pirsiq, R.M. 1974. *Zen and the art of motorcycle maintenance. An inquiry into values*. Morrow, New York.
119. Polkinghorne, J. 1994. *The faith of a physicist*. Princeton University Press.
120. Polkinghorne, J. 1996. *Beyond science: the wider human context*. Cambridge University Press.
121. Popper, K. 1978. *La logique de la découverte scientifique*. Payot, Paris.
122. Popper, K. 1985. *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique*. Payot, Paris.
123. Popper, K. 2000. *À la recherche d'un monde meilleur. Anatolia*. Éditions du Rocher. (Édition originale en 1961).
124. Prigogine, I. et I. Stengers. 1984. *Order out of chaos. Man's new dialogue with nature*. Bantam New-Age book.
125. Provencher, N. 2003. *Dieu! Réponse à Albert Jacquard*. Novalis.
126. Randi, J. 1982. *Flim flam! Psychics, ESP, Unicorns and other delusions*. Prometheus Books.
127. Raup, D.M. 1991. *Extinction: bad genes or bad luck?* Norton, New York.
128. Redfield, J. 1994. *La prophétie des Andes*. Robert Laffont, Paris.
129. Ridley, M. 1996. *The origins of virtue*. Penguin books.
130. Rosa, L., E. Rosa, L. Sarner et S. Barrett. 1998. «A close look at therapeutic touch», *Journal of the American Medical Association*, 279, p. 1005-1010.
131. Ruse, M. 1978. *Sociobiology: Sense or Nonsense?* Dordrecht: Reidel.

132. Ruse, M. 2001. *Can a Darwinian be a Christian? The relationship between science and religion*. Cambridge University Press.
133. Ruse, M. 2003. *Darwin and Design: does evolution have a purpose?* Harvard University Press.
134. Ruse, M. et W.A. Dembski (sous la direction de). 2004. *Debating design. From Darwin to DNA*. Cambridge University Press.
135. Russell, B. 1971. *Science et religion*. Folio Gallimard, Paris. (Édition originale, 1935).
136. Sagan, C. 1995. *The demon-haunted world. Science as a candle in the dark*. Random house.
137. Sarner, L. 1998. «The “Emily event”. Emily Rosa and the therapeutic touch wars», *Skeptic*, 6(2), p. 32-37.
138. Sartre, J.-P. 1943. *L'être et le néant, essai d'ontologie phénoménologique*. Gallimard.
139. Shermer, M. 1997. *Why people believe weird things. Pseudoscience, superstition and other confusions of our time*. Freeman.
140. Shermer, M. 2000. *How we believe. The search for God in an age of science*. Freeman.
141. Shermer, M. 2001. *The borderlands of science. Where sense meets nonsense*. Oxford University Press.
142. Shermer, M. 2004. *The science of good and evil. Why people chat, gossip, care, share and follow the golden rule*. Times books.
143. Shermer, M. 2005. *Science friction. Where the known meets the unknown*. Times books.
144. Shipley, B. 2002. *Cause and correlation in biology: A user's guide to path analysis, structural equations and causal inference*, 2^e édition. Cambridge University Press.
145. Skurnick, L. 1997. *Mysteries of the Unknown*. Time-Life books.

Références

146. Sokal, A. 2005. *Pseudo-sciences et postmodernisme : adversaires ou compagnons de route ?*, Appendice A, p. 155-161 : La religion comme pseudoscience. Odile Jacob.
147. Sokal, A. et J. Bricmont. 1999 (2^e édition). *Impostures intellectuelles*. Le livre de poche.
148. Stenseth, N.C., W. Falck, O.N. Bjornstad et C.J. Krebs. 1997. « Population regulation in snowshoe hare and Canadian Lynx: Asymmetric food web configurations between hare and lynx », *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 94, p. 5147-5152.
149. Thornhill, R. et C.T. Palmer. 2000. *A natural history of rape: the biological bases of sexual coercion*. Cambridge: MIT Press.
150. Thuillier, P. 1981. *Les biologistes vont-ils prendre le pouvoir ? La sociobiologie en question*. Éditions Complexe.
151. Tinbergen, N. 1963. « On aims and methods of ethology », *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 20, p. 410-433.
152. Tipler, F. 1994. *The physics of immortality*. Doubleday, New York.
153. Trent, J. 2002. « Comment s'attaquer aux bidonnacées et confuzoaires ? », *La Recherche*, Hors-série n° 8 – La preuve scientifique, p. 43-47.
154. Vyse, S.A. 1997. *Believing in magic. The psychology of superstition*. Oxford University Press.
155. Wallon, P. 1999. « Le Paranormal », *Que sais-je ?*, n° 3424. Presses Universitaires de France.
156. Ward, P. 1994. *The end of evolution. On mass extinctions and the preservation of biodiversity*. Bantam books.
157. Watson, J.D. 1968. *The double helix. A personal account of the discovery of the structure of DNA*. Atheneum, New York.
158. Watson, J.D. et F.H.C. Crick. 1953. « Molecular structure of nucleic acid: A structure for deoxyribonucleic acid », *Nature*, 171, p. 737.

159. Wilson, E.O. 1975. *Sociobiology: the new synthesis*. Harvard University Press.
160. Witter, F.R. 1983. « The influence of the moon on deliveries », *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 145(5), p. 637-639.
161. Wolpert, L. 1992. *The unnatural nature of science. Why science does not make (common) sense*. Harvard University Press.
162. Wright, R. 1994. *The moral animal: evolutionary psychology and everyday life*. Pantheon books.
163. Wynn, C.M. et A.W. Wiggins. 2001. *Quantum leaps in the wrong direction. Where real science ends... and pseudoscience begins*. Joseph Henry Press.
164. Zimmer, C. 1998. *At the water's edge. Macroevolution and the transformation of life*. The Free Press.

REVUES

165. *Ça m'intéresse*, Hors-série n° 12, avril-mai 2006. « 250 réponses pour mieux comprendre les religions ».
166. *La Recherche*, Hors-série n° 14, janvier-mars 2004. « Dieu, la science et la religion ».
167. *Le monde des religions*, n° 15, janvier-février 2006. « Les athées. Qui sont-ils ? Histoire de l'incroyance et de l'athéisme ».
168. *Le Nouvel Observateur*, Hors-série n° 61, décembre 2005-janvier 2006. « La Bible contre Darwin ».
169. *Psychologies magazine*, n° 29, mai 2003, p. 114-149. « Notre besoin d'irrationnel ».
170. *Sciences et Avenir*, Hors-série n° 124, octobre-novembre 2000. « Le sens de la vie. La finalité dans les sciences ».
171. *Science et Vie*, mai 2005, p. 82.
172. *Sciences et Avenir*, Hors-série n° 132, octobre-novembre 2002. « Le bon sens et la science ».

Références

173. *Sciences et Avenir*, Hors-série n° 137, décembre 2003-janvier 2004. « Le Dieu des savants ».
174. *Sciences et Avenir*, Hors-série n° 143, juillet-août 2005. « L'énigme de l'émergence ».
175. *Télérama*, Hors-série, printemps 2006. « Les lumières: Des idées pour demain ».
176. *La Recherche*, Hors-série n° 8, juillet 2002. « La preuve scientifique ».
177. *Sciences et Avenir*, Hors-série n° 144, octobre-novembre 2005. « Les valeurs de la science: la beauté mathématique, le désir de vérité, l'engagement matérialiste ».
178. *Sciences et Avenir*, Hors-série n° 111, juillet-août 1997. « Mythes et légendes de la science ».
179. *Sciences et Avenir*, Hors-série n° 133, décembre 2002-janvier 2003. « La science en dix questions ».
180. *Sciences et Avenir*, Hors-série n° 147, juillet-août 2006. « Les fictions de la science ».

Index

A

a-rationnel 25, 28, 40
accident de voiture 128, 182,
185
ADN 12, 20, 42, 44, 67, 68, 97,
99, 102, 104, 134, 143,
144, 220
AFIS (Association Française
pour l'Information
Scientifique) 9, 164
agnosticisme 44, 45, 47, 48
Voir aussi agnostique
agnostique 45, 47, 48
Voir aussi agnosticisme
alchimie 52, 53, 55, 106, 136
alcool 18, 127, 182, 183, 192
Altmann, Jeanne 61
âme 5, 16, 27, 31, 46, 224
ammonites 213, 214
analyse causale 181, 182, 183
approche expérimentale 185,
187, 193, 195
Aristote 21, 45, 140
Asimov, Isaac 155
astéroïde 173, 213, 214, 215, 216
astrobiologie 175
astrologie xvii, 52, 53, 55, 95,
104, 123, 136, 137, 139,
146, 151, 160, 224
Voir aussi astrologue(s)

astrologue(s) 154
Voir aussi astrologie
autorité 4, 21, 24, 30, 32, 33,
35, 36, 133, 140, 148,
161, 200, 202, 225
avortement(s) 5, 33, 34

B

Bacon, Francis 97
Baillargeon, Normand 161
baleine(s) 40, 210, 211
Bélangier, Marco 155
Bernard, Claude 44, 131, 141,
142, 155, 177, 181, 193,
196, 221
bidonacées 147
Bonaparte, Napoléon 159
bon sens 13, 67, 89, 108, 109,
111, 112, 113, 114, 116,
117, 118, 119, 127, 128,
129, 130, 198, 202
Boubakeur, Dr D. 25
Brel, Jacques 172
Briemont, Jean 105, 135,
152, 154
Broch, Henri xii, 3, 54, 147,
148, 152, 155, 164, 222,
224
Brown, Dan 98

C

- Caméléons 104
 caribou(s) 87, 124
 causalité 121
 Voir aussi cause(s)
 Voir aussi relation causale
 cause(s) 5, 10, 16, 18, 24, 63,
 64, 101, 121, 122, 123,
 125, 137, 157, 163, 164,
 181, 182, 183, 184, 185,
 187, 191, 193, 195, 196,
 203, 205, 213, 215
 Voir aussi causalité
 Voir aussi relation causale
 causes actives 183, 184
 cause nécessaire 182
 cause suffisante 182
 cercles céréaliers 157
 cerf Axis 183
 cerf de Virginie 87, 196
ceteris paribus 185
 Châtelet, François 94
 chimpanzé(s) 8, 20, 26, 35,
 108, 110, 143, 172, 181
 Chopra, Deepak 223
 Clarke, Arthur C. 219
 Clarke, Robert 133
 Code Da Vinci 93, 98, 223
 coïncidence(s) 113, 120, 121,
 125, 213
 comportement(s) 6, 7, 11, 49,
 59, 60, 61, 62, 64, 67, 68,
 69, 84, 86, 87, 88, 118, 185
 compréhension(s) 9, 12, 22, 31,
 36, 44, 46, 56, 57, 90, 107,
 110, 132, 135, 140, 143,
 144, 173, 199, 200, 204
 confuzoaire(s) 147
 conjecture 200
 connaissance(s) 3, 5, 11, 12, 13,
 14, 15, 20, 22, 24, 34, 35,
 36, 39, 40, 42, 44, 45, 49,
 50, 52, 56, 57, 63, 64, 66,
 90, 93, 104, 105, 107, 108,
 109, 110, 111, 132, 135,
 136, 137, 140, 143, 145,
 152, 161, 163, 164, 176,
 177, 180, 196, 200, 201,
 209, 210, 212, 217, 224
 contrainte(s) 48, 101, 102,
 183, 184, 194
 Copernic, Nicolas 22, 93, 111,
 118, 141
 corrélation(s) 121, 123, 125,
 192, 195
 créationnisme 17, 23, 36, 37,
 38, 40, 42, 43, 135
 créationniste(s) 36, 37, 38, 39,
 40, 41, 42, 43, 51, 104,
 200, 221
 credo 46, 133, 135, 139, 181
 crédule(s) 30, 31, 114, 139,
 145, 160, 204, 209, 218
 crédulité 153, 217, 218, 223
 Crétacé 212, 216
 Cro-Magnon 106, 109, 110,
 197, 224, 225
 croire 13, 24, 25, 30, 31, 32,
 37, 44, 45, 46, 47, 48, 53,
 64, 92, 97, 98, 105, 117,
 124, 127, 132, 134, 138,
 141, 145, 147, 151, 153,
 154, 160, 161, 193, 205,
 206, 207, 208, 217, 219,
 220, 221, 222, 223
crop circles 157
 Cuniot, Alain 155
 cycle lunaire 123, 125
 cycle menstruel 123, 124, 125
 cylindre(s) 126, 127

D

Darwin, Charles 23, 41, 111,
118, 141, 144
darwinisme 7
Dawkins, Richard 18, 32, 218
DDT 14, 15
déduction 177, 178, 179, 181
Descartes, René 22, 64, 141
désir de croire 147, 160, 161,
206, 207, 223
Desjardins, Richard 93
de Pracontal, Michel 10, 55, 163
Devos, Raymond 45
Diderot, Denis 31, 141
Dieu 18, 25, 26, 27, 28, 32, 38,
39, 40, 42, 44, 45, 46, 47,
52, 149, 150, 159, 172
dinosaur(e)s 210, 212, 213,
214, 215, 216
dogme(s) 4, 19, 26, 30, 33, 92,
103, 104, 149, 206
données 33, 59, 71, 72, 73, 74,
76, 77, 88, 89, 165, 194,
200
double aveugle 160, 188
Doury, Marianne 155
doute(s) xi, xii, 4, 30, 45, 47,
48, 91, 92, 94, 98, 99,
134, 138, 142, 147, 155,
196, 199, 206, 211, 215,
216, 217, 218, 219, 220,
221, 222, 223, 224, 226
Dubessy, Jean 29, 44, 135

E

éclipse(s) 113, 122, 141, 209,
210, 211, 212
écologie comportementale 7, 50,
68, 170, 183
égalité 36, 105, 127

Église catholique 17, 39,
140, 149
Einstein, Albert 8, 29, 100,
118, 134
émergence 73, 141, 194, 210
émergente(s) 41, 65, 66, 69,
133, 135
enfants loups 146, 147
esprit critique 37, 94, 139,
145, 146, 154, 155, 161,
217, 222, 223, 224, 225
éthologie 60, 61, 68, 69, 74
étude(s) épidémiologique(s) 167,
191, 192
Everest 105
évolutionnisme 39, 40, 41, 193
exact(e) 17, 50, 51, 58, 61,
63, 77, 79, 80, 81, 82, 83,
84, 85, 87, 144, 169, 173,
196, 209, 210, 212
exactitude 61, 76, 77, 79, 80,
81, 82, 83, 84, 85, 86, 88,
173, 211
exobiologie 175
extraterrestres 30, 31, 52, 105,
156, 157, 160, 204, 221

F

fardeau de la preuve 155, 156
faux négatifs 220
faux positifs 220
Ferré, Léo 172
fiction 9, 10, 14, 31, 51, 98,
101, 112, 136, 138, 145,
153, 155, 161, 177, 219,
223, 225, 226
flèche(s) 10, 83, 84, 155, 156,
160, 200

foi 2, 12, 18, 19, 21, 24, 25,
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32,
33, 37, 39, 40, 41, 44, 45,
46, 47, 48, 55, 105, 106,
133, 135, 136, 137, 138,
147, 150, 151, 159, 166,
181, 208

Forget, Pascal 155

Freeman, Charles 140, 141

G

Galilée 22, 39, 118, 141

génie(s) 12, 14, 57, 58

génomme 149, 150

géocentrisme 111, 118

GI-GO 194

Gibson, Mel 93

Gide, André 217

gnou(s) 124

Gould, Stephen Jay 31, 131,
136

gourou(s) 30, 161, 197, 225

Goya, Francisco 53

groupe témoin 187, 188

guerres de religion 17, 20

H

hasard xi, 18, 119, 120, 124,
140, 168, 169, 223

homéopathie 160

Hume, David 105, 141

hypertension 185, 186, 189

hypothèse(s) 76, 91, 124, 132,
134, 157, 159, 195, 198,
199, 200, 201, 202, 203,
204, 205, 206, 207, 208,
209, 210, 212, 213, 214,
215, 216, 221

hypothético-déductive 199, 210

I

illusions cognitives 114, 118

illusions d'optique 112, 113,
114, 117, 118, 129

induction(s) 177, 178, 179,
180, 181, 192

inégalité 6, 125, 126, 127

ingénieur(s) 13, 14

instinct(s) 7, 11, 12, 52, 67,
68, 75, 129, 170, 217

Internet xvii, 145, 160, 219, 225

intrusion(s) spiritualiste(s) 28,
29, 159

intuition 12, 63, 64, 109, 111,
114, 115, 116, 117, 118,
119, 127, 128, 129, 130,
132, 142

iridium 214, 215, 216

irrationnel(le) 4, 25, 105

J

Jacquard, Albert 148

Jardin, Alexandre 98

Jean-Paul II 27, 28, 31

Joubert, Joseph xvii

Jupiter 176

K

Kant, Emmanuel 94, 141

L

Laplace, Pierre-Simon 159

Larousse 3, 50, 53, 79, 93, 118,
137, 138, 161, 163, 164

Lavoisier, Antoine-Laurent 66,
141

Lawrence, D. H. 20

Lecointre, Guillaume 29, 44,
135

Lennon, John 19

Index

- lévitation 13, 146, 147, 151,
153, 176, 224
libre pensée vii, 21
littéraire 14, 50
Lorenz, Konrad 74
Loris 104
loterie(s) 18, 119, 128, 219
Louis XIV 54
Lumières 94, 141
lune(s) 90, 97, 111, 113, 122,
123, 124, 125, 209
lynx 67, 90, 121, 122, 123
- M**
- magie 9, 52, 55, 59, 98, 99,
105, 112, 113, 114, 135,
136, 137, 138, 139, 157,
181, 207, 208, 219
malaria 14, 15
Marhic, Renaud 147, 155
Mars 147, 156, 176
Martel, Yann 46
mathématique(s) xi, 22, 74,
75, 76, 93, 141, 169, 178
Medawar, Peter xviii, 131, 185
médecin(s) 13, 63, 64, 129, 188
Voir aussi médecine(s)
médecine(s) xviii, 12, 17, 51,
56, 57, 63, 142, 166, 167
Voir aussi médecin(s)
méthode(s) expérimentale(s)
13, 131, 132, 133, 141,
185, 189, 191, 193, 195,
203
méthode comparative 193,
194, 199, 203
méthode scientifique 9, 25, 124,
130, 131, 132, 133, 139,
140, 141, 142, 154, 159,
185, 191, 193, 204, 205
Miller, Stanley 194
miracle(s) 9, 13, 28, 98, 99,
105, 135, 136, 137, 138,
139, 161, 181, 207
mirage(s) 91, 98, 134, 223
mois lunaire(s) 123, 125
Monod, Jacques 140, 223
Montaigne, Michel 100
Monvoisin, Richard xii, 164
Moore, Michael 93
morale(s) xii, 4, 5, 6, 7, 22, 32,
33, 34, 35, 36, 51
Moyen Âge 4, 42, 56, 106, 135,
136, 137, 224
Muntjac(s) 61, 86, 87
mystère(s) iv, xiii, 3, 20, 21, 45,
54, 98, 99, 100, 136, 137,
138, 141, 147, 157, 207
mythe(s) 10, 24, 40, 97, 101,
105, 131, 132, 145, 147,
195, 208, 217, 223
- N**
- nature animale 6, 19, 35, 57,
107, 110, 139, 197, 218,
223
nature humaine 6, 23, 57, 107,
110, 139, 218
Newton, Isaac 16, 22, 118,
141, 144, 180, 224
niveau d'analyse 184
NOMA 31
- O**
- obésité 16
obscurantisme 135, 148, 149,
225
Occam 157, 158, 159
Voir aussi rasoir d'Occam
os 12, 62, 64, 77
ours blanc(s) 179
ours bruns 178

- ours noir 179
 ours polaire(s) 173, 211
 oxymore 14, 33, 37, 51
- P**
- Paley, William 38
 paranormal xvii, 105, 151,
 152, 154, 155, 160, 163,
 164, 165, 166, 219, 223
 paranormaliste(s) 165, 166
 parapsychologie 54, 55, 163
 parcimonie 157
 Pascal, Blaise 89
 Pasteur, Louis 49, 95
path analysis 195
 pensée magique 139
 père Noël 39, 98, 145, 146, 218
 philosophie xvi, xvii, xviii, 1,
 2, 5, 21, 22, 23, 24, 44,
 47, 56, 57, 72, 92, 93, 94,
 100, 101, 102, 107, 131,
 132, 133, 134, 222
 photo(s) iv, 60, 71, 72, 86
 photosynthèse 11, 214, 215
 pi (π) 46, 75, 117
 pile ou face 119, 168
 Piltown 10, 147
 placebo 161, 188, 189
 Pluton 173
 Poincaré, Henri 73
 Pôle Nord 31
 Polkinghorne, John 106
 Popper, Karl xvii, 23, 94, 100,
 133, 204, 221, 222
 positivisme 161
 postdictions 209, 211
 Potter, Harry 98, 145, 223
 précis 79, 80, 84
 précision 61, 62, 76, 77, 79, 80,
 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88,
 173
- prédiction(s) 38, 91, 124, 176,
 177, 195, 199, 200, 201,
 202, 203, 205, 206, 208,
 209, 210, 211, 212, 213,
 215, 216
 prédisposition(s) 183
 programmation(s) génétique(s)
 15, 108
 propriété(s) émergente(s) 41,
 65, 66, 133, 135
 proprioception 170
 pseudoscience(s) 17, 28, 43,
 51, 53, 54, 155, 225
 psilogie 54, 163
 Pyrrhon 222
- Q**
- quartz 99, 215, 216
- R**
- Raël 31, 160
Voir aussi raéliens
 raélien(s) 30, 33
Voir aussi Raël
 raison(s) vii, xvi, xvii, xviii, 2,
 5, 7, 9, 10, 16, 18, 19, 20,
 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28,
 29, 30, 31, 32, 33, 37, 39,
 40, 41, 44, 46, 47, 48, 52,
 53, 59, 76, 78, 85, 87, 90,
 91, 93, 94, 103, 105, 106,
 107, 109, 113, 114, 117,
 118, 124, 128, 130, 133,
 134, 135, 136, 137, 138,
 139, 140, 141, 142, 143,
 150, 151, 156, 160, 173,
 175, 177, 186, 191, 193,
 197, 198, 201, 203, 205,
 206, 207, 208, 212, 217,
 218, 219, 222, 223, 224,
 225, 226

Index

- rasoir d'Occam 157, 158, 159
 Voir aussi Occam
- rationalité 217
- rationnel(le) 9, 28, 29, 44, 45,
 100, 105, 118, 129, 137,
 138, 139, 140, 217, 218,
 224
- réductionnisme 65, 67, 69
 Voir aussi réductionniste(s)
- réductionniste(s) 64, 65, 66,
 67, 68, 69
 Voir aussi réductionnisme
- réfutabilité 203, 204, 206, 208,
 221, 222
- relation causale 121, 125, 184,
 186, 187, 195
 Voir aussi cause(s)
 Voir aussi causalité
- relativisme 94, 104, 105, 135
 Voir aussi relativiste(s)
- relativiste(s) 104, 135
 Voir aussi relativisme
- religion(s) 1, 2, 3, 4, 5, 17, 18,
 19, 20, 21, 24, 26, 27, 28,
 29, 30, 31, 32, 33, 35, 37,
 39, 42, 43, 44, 46, 48, 49,
 93, 94, 96, 100, 101, 102,
 103, 104, 105, 107, 127,
 132, 138, 141, 150, 217,
 223
- Renaissance 140
- rétrodictions 211
- révélation 24, 36, 96, 100, 104,
 136, 137, 140, 225
- Richard, Pierre 145
- risque(s) xvii, 17, 102, 127,
 128, 149, 183, 201, 209,
 220
- Robert (Le)* 50, 52, 80, 222
- Rosa, Emily 166, 167, 168,
 169, 220
- Rostand, Jean xi, xv, xvii, 16,
 23, 47, 49, 53, 93, 99,
 101, 137, 138, 144, 146,
 165, 202
- Russell, Bertrand xvi, 17, 31,
 33, 34, 46, 56, 89, 94,
 106, 180
- ## S
- Sagan, Carl 159, 160
- Saint-Thomas 97
 Voir aussi Thomas
- saint Augustin 28, 140
- saint suaire 148, 149, 150, 151
- Sartre, Jean-Paul 171
- savoir(s) xi, 12, 20, 24, 25, 27,
 44, 48, 52, 53, 92, 95,
 105, 141, 153, 220
- savoir-faire 12, 13
- Schatzman, Evry 31
- scepticisme 45, 114, 134, 145,
 218, 219, 220
- sceptique(s) 47, 96, 97, 114,
 134, 139, 151, 152, 160,
 164, 166, 218, 219, 220,
 221, 223, 224
- Sceptiques du Québec 164
- science(s) dure(s) 51, 55, 59,
 61, 66, 68, 69, 72, 74, 80
- science-fiction 14, 51
- scientisme 2, 3, 4, 6, 7, 11,
 16, 17
- Seigneur des anneaux 145, 223
- sélection naturelle 7, 8, 23,
 36, 38, 39, 104, 111, 134,
 180, 226
- sens des mots 48, 75, 169, 173
- Serres, Michel 225
- sevrage 86, 88
- sida xvii, 1, 17, 181, 182

sixième sens 97, 120, 157,
158, 159, 170, 171
sociobiologie 6, 7, 34, 68
Sokal, Alan 105, 135, 152,
154, 170, 173
Soleil 1, 37, 73, 90, 109, 111,
113, 122, 125, 134, 135,
143, 209, 211, 214
sorcellerie 17, 52, 55, 106, 136
souris 125, 186, 187, 188, 191
spéculation(s) 149, 150, 177,
195, 213, 215
spiritualité 16, 17, 21, 35,
106, 107
Sri Lanka 18, 88
superstition(s) 4, 17, 55, 56,
106, 108, 135, 137, 208,
217, 223, 225
surréalisme 14
surnaturel(le) 9, 27, 28, 37, 42,
44, 45, 47, 51, 66, 98, 99,
105, 135, 136, 137, 138,
139, 153, 157, 181, 207
surpopulation 15, 16, 17
synchronicité 120

T

taches solaires 122, 123
technologie(s) xvii, 2, 11, 12,
13, 14, 16, 17, 21, 51,
166, 198
Teissier, Élizabeth 154
théologie(s) 17, 28, 38, 44, 52,
57, 133, 137, 151
Thomas 25, 151
Voir aussi saint Thomas
Tinbergen, Nicholas 59, 60, 184
toucher thérapeutique 166,
167, 168, 169, 220

tradition(s) 21, 32, 33, 36, 96,
100, 101, 102, 103, 140,
225
tsunami 97, 112, 120, 157,
158, 159

U

univers xii, 8, 9, 21, 35, 36, 57,
75, 90, 93, 110, 117, 135,
140, 156, 159, 171, 172,
173, 223

V

Valéry, Paul 24
validité externe 86, 87, 88, 188
Voir aussi validité interne
validité interne 86, 87, 188
Voir aussi validité externe
variables confondantes 186,
201
vérité(s) vii, xii, xvii, 4, 9, 10,
13, 14, 20, 21, 22, 23, 24,
25, 26, 27, 28, 33, 34, 35,
36, 45, 46, 47, 53, 55, 56,
73, 75, 76, 77, 79, 81, 82,
83, 85, 89, 90, 92, 93, 94,
95, 96, 97, 98, 99, 100,
101, 102, 103, 104, 105,
106, 107, 108, 110, 113,
114, 117, 118, 130, 132,
133, 134, 136, 137, 140,
141, 142, 144, 147, 148,
149, 150, 152, 153, 155,
160, 169, 170, 181, 193,
198, 200, 201, 204, 205,
206, 207, 208, 209, 212,
216, 217, 218, 219, 220,
221, 222, 223, 224, 225,
226

Index

- viol 5, 6, 7, 34
virus de l'esprit 18, 19
Voltaire 1, 141
voyage astral 13, 95, 106, 145,
151, 160
- W**
- Wallon, Philippe 152, 153,
154, 155
Watson et Crick 23, 67, 100,
102, 118
- Wegener, Alfred 112
Willis, Bruce 171
Whitman, C.O. 143
World Trade Center 160
- Z**
- zététique xii, 222

L'univers lointain tout comme la nature qui nous entoure et nous habite sont peuplés d'énigmes enveloppées de mystère. Dès l'enfance nous sommes d'habiles inventeurs et d'avidés consommateurs d'histoires qui tentent de dissiper le mystère qui domine partout. La **science** nous enseigne que ces mythes et légendes, nourris de magie, de miracle et de surnaturel, ne sont que des mirages. En échange de ce paradis perdu de l'enfance, la **science** nous offre un nouvel enchantement baigné par la lumière de la **vérité**.

En dissipant la brume opaque du miracle, de la magie et du surnaturel, la science nous offre un nouvel enchantement baigné par la lumière de la vérité.

Sur ce dur chemin de la vérité, nous marchons en excellente compagnie inspirés par les Galilée, Newton, Darwin, Einstein. La science n'a rien des certitudes des dogmes. Son arme principale est le **doute**, une assurance vérité. Ses ennemis ne sont pas la foi et la religion, mais notre ignorance, notre désir de croire et les réticences de la nature à se dénuder pour livrer ses secrets. La science elle-même n'est pas responsable des effets pervers de certaines technologies qu'elle a

enfantées. Pour mieux s'en servir, il faut tracer clairement la démarcation entre la science et les autres modes de pensée.

Le scientifique de métier connaît l'émerveillement de l'enfance parce qu'il plonge les mains dans le coffre aux trésors des mystères du monde. Cependant, la pensée scientifique est à la portée de tous, y compris des enfants de 10 ans. La crédulité est un trésor de la nature animale de l'enfance. **L'esprit critique** sur lequel s'appuie la science n'a rien d'animal. C'est une qualité rare. La science contribue grandement à faire des humains de l'animal que nous sommes. Elle n'est pas suffisante pour assurer le bonheur et la survie de l'humanité, elle est seulement indispensable.



Louise Leblanc

CYRILLE BARRETTE est professeur de biologie à l'Université Laval depuis 1975. Spécialiste reconnu du comportement et de l'écologie des mammifères, il a publié *Le miroir du monde* (2000) ainsi que de nombreux articles dans plusieurs revues scientifiques de calibre international. Soucieux de partager ses réflexions et de faire prévaloir la pensée scientifique, il collabore activement à de nombreuses initiatives de vulgarisation scientifique auprès des jeunes et du public en général, parallèlement à ses activités de recherche et d'enseignement.

