



Andy Ryan

5. LA GLACE EST FRACTURÉE de crevasses qui atteignent 30 mètres de large et 100 mètres de profondeur. Malgré les dangers, l'équipe a parcouru près de 200 kilomètres à pied. La plus grande partie de la zone a été inspectée à partir d'un hélicoptère.

Lors de la troisième et dernière sortie de la journée, deux fois le pilote fit descendre l'appareil, mais chaque fois les espoirs de trouver une roche furent déçus : la couleur noire n'était due qu'à de la cryoconite.

Le 16 août, l'expédition finit comme elle avait commencé, contrariée par les caprices du climat groenlandais. Les membres de l'équipe avaient marché quelque 200 kilomètres sous la pluie, le vent et la neige sur une calotte de glace dangereuse.

Ils avaient volé sur plus de 1 000 kilomètres, fouillant en 25 jours une superficie de la taille du département du Rhône, à la recherche d'une pierre de la taille d'une balle de golf. Sans succès.

Pendant ce temps, Z. Ceplecha avait rencontré Richard Spalding, spécialiste en télédétection au Laboratoire Sandia, au Nouveau-Mexique, afin de comparer l'enregistrement vidéo de la météorite avec les données de deux satellites antimissiles

américains qui avaient aussi détecté l'explosion de la météorite. R. Spalding trouva, comme H. Pedersen, une corrélation entre deux éclairs sur la vidéo et deux pics très intenses sur les enregistrements des satellites.

De même, Edward Tagliaferri, consultant en télédétection, déduisit des données des satellites une vitesse de 46 à 52 kilomètres par seconde pour la météorite. Il proposa toutefois d'autres hypothèses. Deux gros blocs, distants de plusieurs kilomètres, avaient peut-être explosé à quelques millisecondes d'intervalle. Ou bien le passage de la météorite avait ionisé l'atmosphère et relié deux couches chargées, comme un fil : un plasma d'ions accélérés aurait alors circulé, dépassé l'objet et continué avec un bruit perçant jusqu'à ce que tous les ions libèrent d'un coup leur énergie en un éclair géant. La vidéo et les caméras des satellites auraient alors enregistré cette décharge de plasma qui fusait devant une météorite plus lente.

Aucune de ces explications n'était toutefois nécessaire. Un mois plus tard, H. Pedersen reçut une nouvelle copie numérique de la vidéo, beaucoup plus claire que la première. Il ajusta avec précision des images du film à des pics dans les enregistrements des satellites, puis il recalcule la trajectoire de la boule de feu : il obtint une vitesse de 29 kilomètres par seconde au lieu de 56, et une trajectoire originaire du Système solaire.

Une question subsiste toutefois. Si la météorite se déplaçait à une vitesse normale, elle aurait dû être visible très tôt après son entrée dans l'atmosphère : presque toutes les météorites commencent à briller entre 110 et 90 kilomètres d'altitude. Pourtant, cette boule de feu ne s'est apparemment pas échauffée avant d'atteindre 70 kilomètres.

Seuls des fragments de la météorite permettraient de répondre à cette question et de trancher quant à son origine. Les échantillons obtenus par la filtration de la neige fondue contiennent de petits grains minéraux rouges, bleus et bruns, qui semblent avoir été formés par une fragmentation explosive. Leur analyse dira s'ils proviennent ou non de l'espace interstellaire.

Wayt GIBBS est journaliste à *Scientific American*.

L'origine des maladies

RANDOLPH NESSE • GEORGE WILLIAMS

Les principes de l'évolution par la sélection naturelle expliquent les poussées de fièvre, les douleurs ou encore les nausées des femmes enceintes.

L'œil humain est admirable : il est constitué de la cornée, un tissu transparent, de l'iris, qui ajuste la luminosité, et du cristallin, qui se déforme de façon que la lumière soit focalisée juste sur la rétine. Toutefois, le système n'est pas parfait : les vaisseaux sanguins et les nerfs qui sillonnent la rétine convergent en un point, qui est aveugle.

En fait, l'organisme n'est pas dépourvu de défauts. Les valves cardiaques sont des merveilles, mais nous avons des dents de sagesse ! Les molécules d'ADN assurent le développement des quelque 10 000 milliards de cellules de l'organisme humain adulte, mais elles causent aussi leur dégradation incessante et leur mort. Notre système immunitaire identifie et détruit des millions de micro-organismes étrangers, mais certaines bactéries nous tuent. L'organisme aurait-il été façonné par une équipe d'ingénieurs ingénieux, mais qui auraient commis quelques erreurs ?

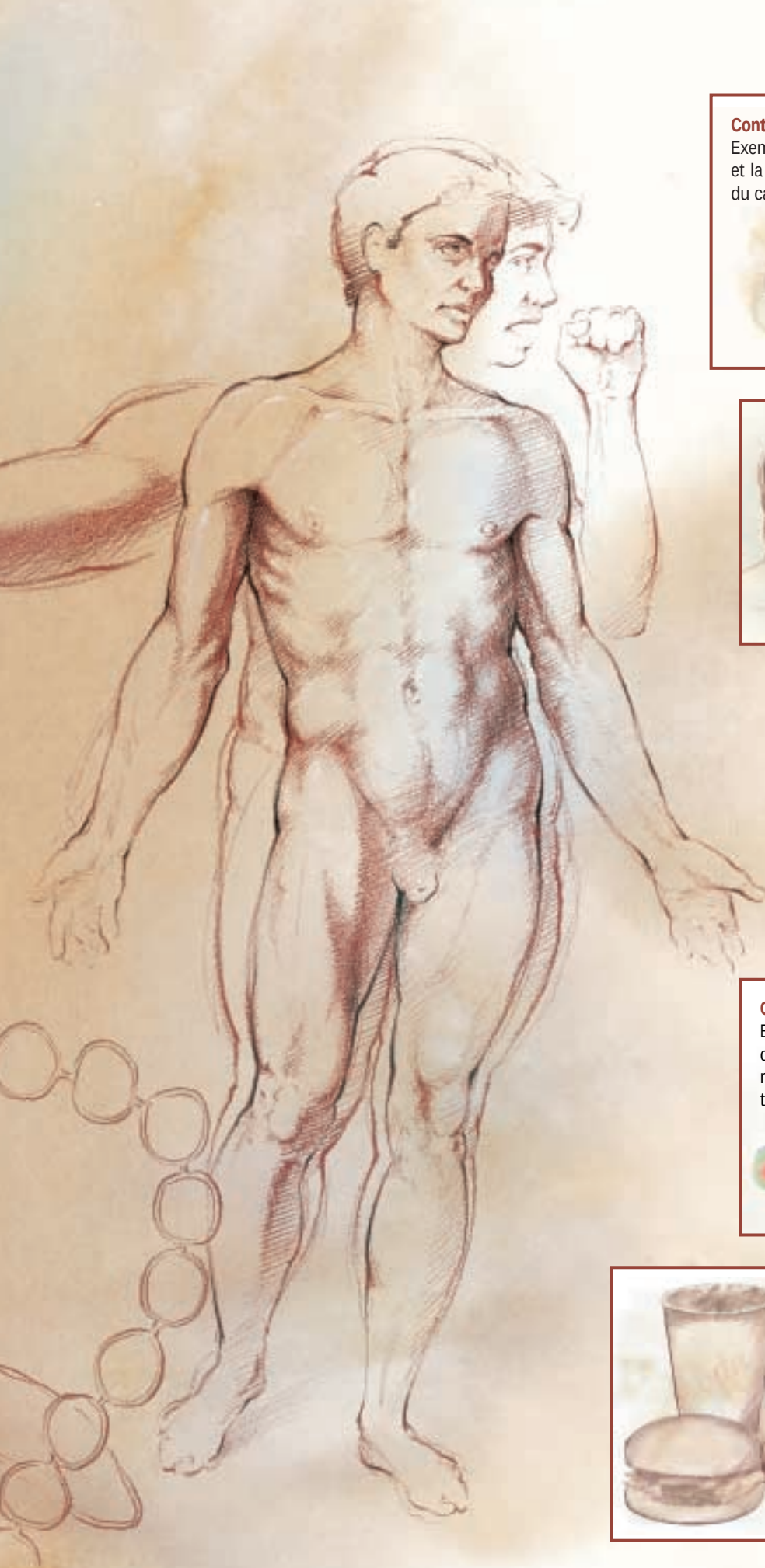
Ces erreurs apparentes trouvent un sens si l'on considère, comme le disait le biologiste Theodosius Dobzhansky, que «la biologie n'a de sens qu'à la lumière de l'évolution». La biologie évolutionniste est le fondement de toute la biologie, sur laquelle repose toute la médecine. Pourtant, la biologie évolutionniste commence seulement à être reconnue comme une science médicale fondamentale. C'est sous le nom de médecine darwinienne qu'est désignée l'étude des questions médicales dans un contexte évolutif. Généralement, les médecins recherchent les causes d'une maladie et proposent des traitements pour guérir le malade ou soulager ses symptômes. Ils envisagent d'abord les causes les plus probables, se fondant sur l'anatomie et sur la physiologie. Au contraire, la médecine darwinienne se demande pourquoi l'organisme est vulnérable au cancer, à l'athérosclérose ou, encore, à la dépression, offrant ainsi une nouvelle façon d'aborder les recherches.

Les interprétations évolutionnistes des défauts de l'organisme sont regroupées en cinq catégories. Premièrement, certaines conditions désagréables

telles que la douleur, la fièvre, la toux, les vomissements, l'anxiété ne sont ni des maladies ni des défauts constitutifs, mais plutôt des modes de défense élaborés. Deuxièmement, les conflits avec d'autres organismes, par exemple avec les bactéries, font partie intégrante de la vie. Troisièmement, certaines conditions, par exemple l'accumulation des graisses alimentaires, sont trop récentes pour que la sélection naturelle ait déjà adapté l'organisme. Quatrièmement, certains avantages contrebalancent parfois des inconvénients, et l'organisme est alors l'otage de ces compromis : ainsi le gène de l'anémie falciforme, qui engendre une anémie parce que les globules rouges sont anormaux, protège contre le paludisme. Enfin, la sélection naturelle, faisant au mieux avec les éléments disponibles, ne nous a pas toujours dotés des caractéristiques optimales.

Des moyens de défense élaborés

La toux et la douleur sont peut-être les moyens de défense les plus utiles. Celui qui n'évacue pas les substances étrangères de ses poumons risque la mort par pneumonie, une inflammation aiguë du poumon due à la présence d'un corps étranger. La douleur, aussi, est utile : les rares personnes qui ne ressentent aucune douleur courent des risques ; si, par exemple, elles restent trop longtemps dans une position inconfortable, où une jambe ou un bras sont comprimés, le sang irrigue mal les articulations, qui risquent d'être endommagées. Ces personnes privées de toute sensation douloureuse décèdent jeunes de lésions tissulaires et d'infections. Ainsi, la toux et la douleur, souvent considérées comme un mal, ne sont pas responsables de conditions pathologiques, mais font partie des réactions de défense façonnées par la sélection naturelle et tenues en réserve jusqu'au moment opportun.



Contraintes

Exemple : l'œil humain présente une tache aveugle, et la rétine risque de se décoller. Au contraire, l'œil du calamar ne présente pas ces inconvénients.



Illustrations de Craig Keeler

Défenses

Exemple : des symptômes, telles la toux ou la fièvre, ne sont pas des «défauts de fabrication», mais constituent des défenses de l'organisme.



Compromis

Exemple : le surdimensionnement de n'importe quelle structure (des bras incassables, par exemple) bouleverserait le fonctionnement de l'organisme tout entier.



Conflits

Exemple : les êtres humains sont en conflit permanent avec d'autres organismes qui se sont parfaitement adaptés au cours de l'évolution.



Bactérie du choléra

CVRI/SPL/Photo Researchers, Inc.

Environnements nouveaux

Exemple : l'environnement actuel de l'organisme humain est récent ; des substances qui avaient toujours été rares (par exemple, des aliments riches en graisses) y abondent.



Laurie Grace

La fièvre, les nausées, les vomissements, la diarrhée, l'anxiété, la fatigue, les éternuements ou l'inflammation sont également des mécanismes de défense. La fièvre, par exemple, ne résulte pas d'une simple augmentation du métabolisme : c'est une élévation – parfaitement contrôlée – de la température corporelle, laquelle favorise la destruction des agents pathogènes. À l'Institut Lovelace d'Albuquerque, Matthew Kluger a observé que, quand les lézards (des animaux à sang froid) ont une infection, ils se déplacent vers des zones plus chaudes de leur cage, jusqu'à ce que leur température corporelle augmente de quelques degrés au-dessus de sa valeur normale. Quand on les en empêche, ils meurent davantage de l'infection. De même, des rats âgés et malades dont la température corporelle n'atteint plus celle des autres rats de laboratoire plus jeunes recherchent instinctivement les endroits les plus chauds.

Une faible concentration sanguine en fer est un autre mécanisme de défense mal connu. Les personnes souffrant d'infection chronique ont souvent des concentrations sanguines en fer inférieures à la normale, et cette anomalie est une réaction de défense : pendant l'infection, le fer est piégé dans

le foie, ce qui empêche les bactéries qui ont envahi l'organisme de se procurer, aux dépens du malade, cet élément qui leur est indispensable.

Les nausées matinales ont été longtemps considérées comme une conséquence désagréable de la grossesse, mais elles ont lieu au cours de la période de différenciation rapide des tissus fœtaux, lorsque le fœtus en développement est tout particulièrement sensible à d'éventuelles toxines. Les femmes ayant des nausées mangent peu de plats épicés, qui sont potentiellement dangereux. Les nausées seraient-elles alors une réaction adaptative évitant au fœtus d'être exposé aux toxines ingérées par la mère ? Une étude, aux États-Unis, a révélé que les femmes qui ont le plus de nausées sont celles pour lesquelles le nombre d'avortements spontanés est inférieur. Ce résultat devra être corroboré par d'autres études. Les femelles d'autres espèces que la nôtre modifient-elles également leurs préférences alimentaires lorsqu'elles sont gravides ? On devra également vérifier que les malformations sont plus fréquentes chez les enfants dont les mères ont eu peu de nausées matinales et ont conservé une alimentation très variée pendant leur grossesse.

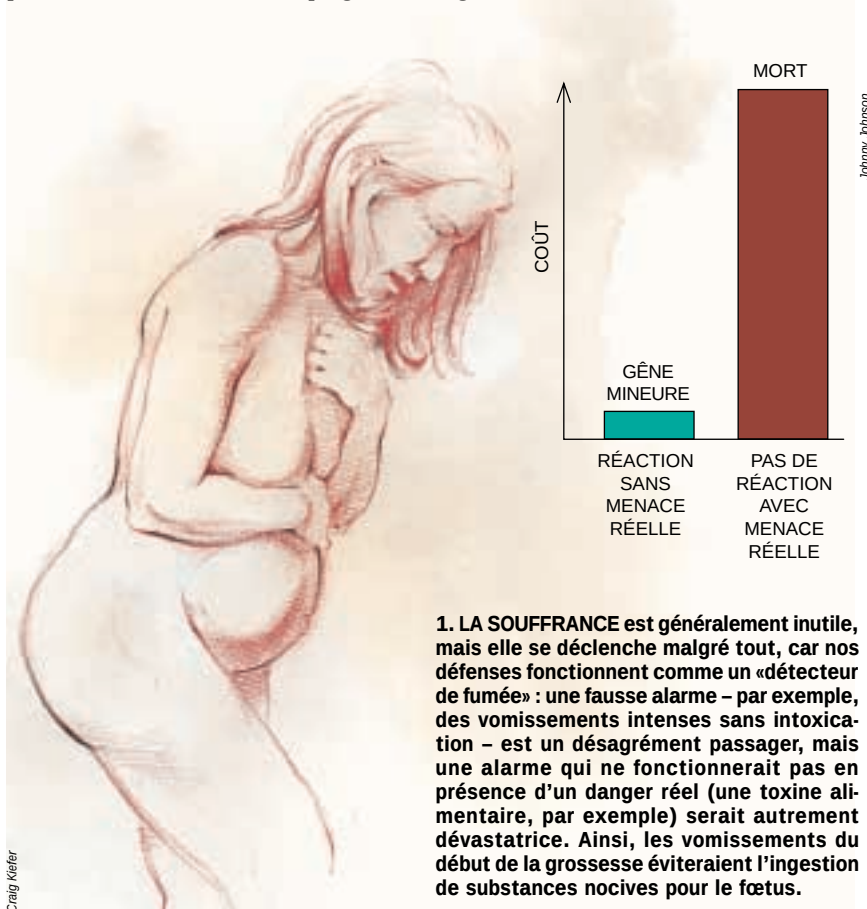
Un autre comportement, l'anxiété, semble être une réaction de défense face aux situations périlleuses, car elle augmente la vigilance et favorise la fuite. En 1992, à l'Université de Louisville, Lee Dugatkin a évalué les avantages de la peur chez des guppies (de petits poissons très colorés) face à un de leurs prédateurs, une perche. Les guppies sont de trois types : timides, normaux ou audacieux. En présence du prédateur, les timides se cachent, les normaux s'éloignent en nageant, et les audacieux restent sur place et font face à la perche. Chaque groupe de guppies a été isolé dans un aquarium avec une perche. Après 60 heures, 40 pour cent des guppies timides avaient survécu, contre seulement 15 pour cent des normaux. Quant au groupe des audacieux, il avait disparu et, avec eux, leurs gènes d'intrépidité.

Les gènes de l'anxiété ayant été sélectionnés par l'évolution, il doit exister des personnes excessivement anxieuses, ce qui est effectivement le cas, et aussi des personnes qui ne sont pas assez anxieuses, soit pour des raisons génétiques, soit parce qu'elles prennent des médicaments anxiolytiques. On ignore la nature exacte et la fréquence du syndrome de non-anxiété, car peu de personnes qui en sont atteintes consultent un psychiatre. Pourtant, si l'on recherchait ces personnes, on les trouverait certainement dans les salles des urgences, dans les prisons, parmi les chômeurs, etc.

Un détecteur d'incendie

Si la sélection naturelle a mis au point des mécanismes qui défendent l'organisme, pourquoi les médicaments qui inhibent les défenses ne sont-ils pas nuisibles ? En fait, nous nous faisons parfois du mal en inhibant ainsi nos défenses naturelles.

Herbert DuPont, de l'Université de Houston, et Richard Hornick, de l'Hôpital régional d'Orlando, ont étudié la diarrhée provoquée par la bactérie *Shigella* : ils ont constaté que les personnes qui absorbent des médicaments antidiarrhéiques restent malades plus longtemps et ont plus de complications que celles qui prennent un placebo. De même, Eugène Weinberg, de l'Université d'Indiana, a constaté que, dans certaines régions d'Afrique, l'administration de fer contre les carences favorise les maladies infectieuses, notamment les amibiases. En effet, si



1. LA SOUFFRANCE est généralement inutile, mais elle se déclenche malgré tout, car nos défenses fonctionnent comme un «détecteur de fumée» : une fausse alarme – par exemple, des vomissements intenses sans intoxication – est un désagrément passager, mais une alarme qui ne fonctionnerait pas en présence d'un danger réel (une toxine alimentaire, par exemple) serait autrement dévastatrice. Ainsi, les vomissements du début de la grossesse éviteraient l'ingestion de substances nocives pour le fœtus.

Craig Kieffer

le fer administré par voie orale a peu de conséquences chez les personnes en bonne santé confrontées accidentellement à une infection, il risque d'être nuisible chez les personnes dénutries qui sont infectées : elles ne fabriquent pas assez de protéines pour fixer le fer, lequel reste libre et est utilisé par les micro-organismes infectieux.

Un médicament antinauséeux a récemment été rendu responsable de malformations de naissance. Apparemment, personne n'a pensé que le médicament était nocif, parce qu'il arrêtaient les nausées «bienfaitrices» des femmes.

On mesure mal l'importance des mécanismes naturels de défense, parce que de nombreuses personnes subissent, en apparence inutilement, des épisodes d'anxiété, de douleur, de fièvre, de diarrhée ou de nausée. Pour l'expliquer, on doit analyser la régulation des réactions de défense d'après la théorie de la détection des signaux : une toxine libérée dans l'estomac par une substance que l'on a ingérée peut être évacuée par des vomissements. Une fausse alarme – des vomissements sans la présence de toxines – ne coûte que quelques calories, tandis qu'une absence de vomissements malgré la présence d'une toxine risque d'entraîner la mort.

La sélection naturelle semble mettre en place des mécanismes de régulation qui fonctionnent selon le principe des détecteurs de fumée : ces appareils sont inutiles quand ils ne sont pas assez sensibles, mais, s'ils le sont trop, ils risquent de provoquer de fausses alarmes. Les nombreux «détecteurs de fumée» de l'organisme humain engendrent des souffrances souvent notables, parfaitement normales, mais inutiles. Cette observation explique pourquoi l'inhibition des défenses naturelles n'a généralement pas de conséquences graves : comme la plupart des réactions de défense sont inutiles, leur inhibition est généralement sans danger. La majorité des alarmes ne sont que de fausses alertes, et l'on peut débrancher le détecteur de fumée... jusqu'au jour où un véritable incendie éclate !

La sélection naturelle ne nous a pas dotés d'une protection parfaite contre tous les agents pathogènes, car ces derniers évoluent beaucoup plus vite que nous. En une journée, les bactéries, qui se multiplient très rapidement, ont autant d'occasions de mutations et de sélections que l'homme en mille ans. Quant à nos défenses, naturelles ou

Évolution de la virulence

Les modifications de la virulence sont liées à l'histoire des agents infectieux et à leur mode de transmission. Les infections qui se propagent par contact direct sont généralement dues à des agents pathogènes peu virulents : les personnes infectées restent alors suffisamment valides pour interagir avec d'autres personnes, qu'elles contaminent à leur tour. Au contraire, lorsque

les agents pathogènes sont transmis même si les personnes restent alitées, la virulence se renforce. Des choix de comportement, par exemple l'utilisation de préservatifs, peuvent aussi modifier la stratégie de l'agent pathogène (si le VIH n'est plus transmis par voie sexuelle, il devra éparagner plus longtemps les personnes contaminées, sinon il disparaîtra avec elles).



FACTEURS FAVORISANT
UNE VIRULENCE ÉLEVÉE

Transmission de la maladie
par des vecteurs intermédiaires
(les moustiques, les mains du personnel
soignant, les réserves d'eau insalubres)
Rapports sexuels non protégés
et/ou partenaires multiples



FACTEURS FAVORISANT
UNE VIRULENCE ATTÉNUÉE

Transmission de personne à personne
(par les éternuements, la toux,
ou les contacts)
Rapports sexuels protégés
et/ou partenaire unique

Craig Kéfer

artificielles, elles exercent une pression de sélection. Si les agents pathogènes n'évoluent pas rapidement pour adopter une stratégie défensive efficace, ils disparaissent.

L'adaptabilité des micro-organismes

Paul Ewald, du Collège Amherst, classe les phénomènes associés à une infection en plusieurs catégories selon qu'ils bénéficient à l'hôte, à l'agent pathogène, aux deux ou à aucun des deux. Par exemple, quand le nez coule pendant un rhume, les sécrétions de la muqueuse nasale servent-elles à évacuer les agents pathogènes ? Accélèrent-elles la transmission à d'autres hôtes ? Pour estimer l'importance de chaque effet, on pourrait faire l'expérience de bloquer l'écoulement des sécrétions nasales et observer si l'état pathologique du malade est plus court ou plus long.

Notre espèce a remporté plusieurs victoires contre les agents pathogènes grâce aux antibiotiques et aux vaccins. Ces victoires furent si rapides et

apparemment si complètes que l'on a cru vaincre définitivement les maladies infectieuses. C'était sous-estimer l'ennemi et la puissance de la sélection naturelle : les micro-organismes pathogènes semblent s'adapter à tous les progrès thérapeutiques.

La résistance des bactéries aux antibiotiques illustre la puissance de la sélection naturelle. Les bactéries ayant des gènes qui leur permettent de survivre malgré la présence d'un antibiotique se reproduisent plus rapidement que les autres, de sorte que les gènes qui confèrent cette résistance sont rapidement transmis dans les populations de survivants. À l'Institut Rockefeller, Joshua Lederberg a montré que ces gènes, portés par des morceaux d'ADN infectieux, se transmettent même entre bactéries d'espèces différentes. Aujourd'hui, certaines souches de l'agent de la tuberculose résistent aux trois principaux traitements antibiotiques disponibles, et les malades contaminés par ces souches n'ont guère plus d'espoir de survie que les tuberculeux qui vivaient il y a 100 ans.

Beaucoup de personnes admettent encore que les agents pathogènes deviennent nécessairement inoffensifs après avoir longtemps cohabité avec leurs hôtes. *A priori*, c'est une thèse plausible : un organisme qui tue son hôte trop rapidement n'a pas le temps d'infecter un nouvel hôte, et la sélection naturelle semble favoriser une faible virulence. La syphilis, par exemple, fut une maladie très virulente quand elle arriva en Europe, mais, au fil des siècles, elle devint moins grave. Plus généralement, la virulence des micro-organismes pathogènes évolue, de sorte que leurs gènes se transmettent plus efficacement.

Pour les agents infectieux transmis directement d'une personne à l'autre, une faible virulence semble avantageuse, puisqu'elle permet à l'hôte de rester actif et en contact avec d'autres hôtes potentiels. Au contraire, certaines maladies, tel le paludisme, sont aussi bien transmises, voire mieux, par les personnes alitées : pour de tels agents pathogènes, généralement transmis par des vecteurs (notamment des moustiques), une virulence élevée est un avantage sélectif. Dans le cas du choléra, ce sont les réserves d'eau publiques qui transmettent la maladie : comme l'eau de boisson et de toilette est contaminée par les excréments des malades, la sélection naturelle tend à augmenter la virulence, car la multiplication des diarrhées favorise la dispersion de l'organisme infectieux, même quand les malades meurent rapidement. En

revanche, lorsque les conditions sanitaires s'améliorent, la sélection agit au détriment des bactéries *Vibrio cholerae* et favorise la souche El Tor, moins virulente : les personnes contaminées ne meurent pas, sont moins malades, se déplacent plus, infectent beaucoup de personnes pendant longtemps, et deviennent ainsi d'excellents vecteurs d'agents pathogènes peu virulents. De même, l'amélioration de l'hygiène fait disparaître *Shigella flexneri*, très agressive, au profit de *Shigella sonnei*, plus bénigne.

De telles constatations doivent guider les politiques de santé. Selon la théorie évolutionniste, des aiguilles de seringue propres et des rapports sexuels protégés feront plus que de préserver de nombreuses personnes contre une infection par le VIH (le virus du SIDA) : si les comportements humains ralentissent la transmission du virus, les souches qui ne tuent pas trop vite leur hôte survivront plus longtemps que les souches virulentes qui, après avoir tué leur hôte, meurent avec lui. Nos choix sociaux et politiques pourront peut-être changer la nature même du VIH.

Les agents pathogènes ne sont pas les seules menaces. Si nous n'avons plus à craindre les grands carnivores, qui étaient naguère nos prédateurs, nous restons menacés par des organismes plus petits, par exemple par certaines araignées ou par des serpents venimeux. Toutefois, les phobies que nous avons parfois de ces petites créatures

nous font probablement plus de mal que les araignées elles-mêmes, et les autres membres de notre propre espèce sont plus dangereux que ces animaux venimeux, voire que les grands carnivores. Nous attaquons nos semblables non pas pour obtenir de la viande, mais pour obtenir des partenaires, des territoires et diverses ressources. Les conflits les plus violents ont généralement lieu entre jeunes gens qui sont en compétition, et qui s'organisent pour atteindre leurs objectifs.

Même dans les familles, certaines relations sont conflictuelles. Si l'intérêt d'une mère et celui de son enfant sont identiques lorsque l'enfant est tout jeune, ils finissent par diverger : lorsqu'un enfant a quelques années, sa mère a «génétiquement» intérêt à avoir un autre enfant, tandis que l'enfant aurait intérêt à ce qu'elle continue à s'occuper de lui. Même dans le ventre de la mère, les intérêts ne sont pas nécessairement identiques. Du point de vue de la mère, le fœtus devrait être un peu plus petit qu'il ne l'est quand il se développe au mieux. Un conflit se déclare parfois entre le fœtus et sa mère, dont la pression sanguine et la concentration sanguine en sucre augmentent trop : une hypertension ou un diabète surviennent parfois au cours d'une grossesse.

L'adaptation à la nouveauté

À côté des maladies «naturelles», l'homme doit supporter les maladies qu'il a lui-même créées. Les crises cardiaques, par exemple, sont principalement dues à l'athérosclérose, un mal qui s'est répandu au cours du XX^e siècle, mais qui reste exceptionnel dans les populations de chasseurs-cueilleurs. La recherche épidémiologique nous indique comment les éviter : en consommant moins de matières grasses, en mangeant beaucoup de légumes et en faisant régulièrement de l'exercice. Pourtant, on continue de manger des gâteaux, des graisses, et les appareils d'entraînement physique finissent souvent empoussiérés ; la proportion des personnes obèses augmente (un Américain sur trois).

Nos comportements sont laxistes, parce que le cerveau humain a été forgé par la sélection naturelle : l'espèce humaine a évolué dans un environnement profondément différent de celui que l'on connaît aujourd'hui.

Les nouveaux environnements qui menacent la santé

Menaces fréquentes depuis 20 000 ans :

- Accidents
- Famines
- Prédateurs
- Maladies infectieuses

Menaces fréquentes aujourd'hui (dans les pays industrialisés) :

- Crises cardiaques, accidents vasculaires cérébraux et complications liées à l'athérosclérose
- Cancer
- Autres maladies chroniques de la vieillesse
- Diabète non insulino-dépendant
- Obésité
- Nouvelles maladies infectieuses



Dans la savane africaine, où apparut l'homme moderne, les matières grasses, le sel et le sucre étaient rares et précieux. Les individus qui pouvaient consommer de grandes quantités de graisses, quand l'occasion – rare – se présentait, en tiraient un avantage sélectif : ils avaient plus de chances de survivre aux famines auxquelles leurs congénères chétifs ne résistaient pas. Nous, leurs descendants, sommes toujours attirés par ces substances nourrissantes, qui abondent aujourd'hui. Cette attirance vient facilement à bout de notre réflexion et de notre volonté, d'autant plus qu'elle est attisée par les publicités que diffusent des sociétés concurrentes qui, pour survivre, doivent nous vendre toujours plus de tout ce que nous voulons bien acheter. Les hommes n'auraient-ils travaillé pendant des siècles que pour nous offrir abondance de lait et de miel et, avec eux, bon nombre de maladies et une mort prématurée ?

De surcroît, la consommation de drogues, notamment d'alcool et de tabac, favorise certaines maladies. Bien que l'usage de drogues soit ancien, on ne disposait pas, naguère, de drogues concentrées ni de seringues pour les injections. La plupart de ces substances, dont la nicotine, la cocaïne et l'opium, sont des défenses naturelles des plantes contre les insectes. Comme les hommes et les insectes ont un lointain ancêtre commun, diverses substances qui agissent sur les insectes agissent aussi sur notre système nerveux. Chaque être humain (et pas seulement quelques personnes ou quelques sociétés déstabilisées) est vulnérable aux drogues, car notre système biochimique a coévolué avec elles. La compréhension de ces interactions – tant actuelles qu'ancestrales –, pourrait améliorer les traitements de la toxicomanie.

L'augmentation rapide, et relativement récente, des cancers du sein résulte vraisemblablement, en grande partie, des modifications de l'environnement et des modes de vie ; seul un petit nombre de cas est dû à des anomalies génétiques. Boyd Eaton et ses collègues de l'Université Emory ont constaté que la proportion de cancers du sein dans les sociétés traditionnelles est bien inférieure à celle des pays industrialisés. La durée séparant la puberté de la première grossesse et le nombre total de cycles



2. L'APPENDICE ne disparaîtra sans doute pas. La pression évolutionniste tend à sélectionner les gros appendices, car, dans les petits (ci-dessus), une inflammation ou une tuméfaction risquent d'interrompre la circulation sanguine ; une nécrose ou une déchirure de l'appendice résultant de la multiplication des agents infectieux risquent d'entraîner la mort.

menstruels au cours de la vie d'une femme seraient des facteurs de risque notables. Dans les sociétés de chasseurs-cueilleurs, les premières règles surviennent vers l'âge de 15 ans ; la première grossesse survient quelques années plus tard, suivie de deux ou trois années d'allaitement, puis d'une nouvelle grossesse. Entre la fin de l'allaitement et une nouvelle grossesse, les femmes n'ont que quelques cycles menstruels, périodes pendant lesquelles les concentrations en hormones, potentiellement nuisibles pour les cellules du sein, sont élevées.

Au contraire, dans les sociétés industrialisées, les premières règles surviennent dès l'âge de 12 ou 13 ans (probablement parce que ses réserves en matières grasses suffiraient à une très jeune femme pour nourrir un fœtus), mais la première grossesse ne survient parfois que 20 ans plus tard, voire jamais. En moyenne, une femme a 150 cycles menstruels dans les sociétés de chasseurs-cueilleurs, mais plus de 400 dans les sociétés industrialisées. On ne peut prôner des grossesses précoces pour prévenir le cancer du sein, mais certains s'interrogent sur l'intérêt d'une prescription précoce d'hormones de grossesse afin de réduire le risque. Des évaluations de ce traitement sont en cours à l'Université de San Diego.

Toute adaptation exige des compromis. Si les os du bras étaient trois fois plus épais qu'ils ne le sont aujourd'hui, ils ne se casseraient quasiment jamais, mais *Homo sapiens* serait alors

une créature massive en quête incessante de calcium. Des oreilles plus sensibles seraient parfois utiles, mais nous serions distraits par le bruit des molécules d'air cognant sur nos tympans.

Compromis et contraintes

Des compromis génétiques existent aussi. Quand une mutation présente un avantage reproductif, sa fréquence augmente dans la population, même quand elle confère une vulnérabilité supérieure vis-à-vis de certaines maladies. Ainsi, les personnes qui ont deux exemplaires (ou allèles) du gène de l'anémie falciforme souffrent de douleurs aiguës et meurent jeunes ; les personnes dont le génome est normal risquent de mourir du paludisme dans les zones d'endémie. En revanche, celles qui ont un seul allèle du gène de l'anémie falciforme ne souffrent pas de la maladie et elles sont protégées contre le paludisme. Dans les régions où le paludisme est répandu, ces personnes sont le mieux adaptées, au sens darwinien. Ainsi, bien que le gène de l'anémie falciforme soit néfaste, il est sélectionné là où le paludisme est endémique. On ne peut dire alors quel est l'allèle « sain » : selon l'environnement, le génome humain « normal » change.

D'autres gènes responsables de maladies ont vraisemblablement conféré un avantage – au moins dans certains environnements –, sinon ils ne seraient pas si fréquents. La mucoviscidose tue 1 personne sur 2 500 en

Europe, par exemple : les gènes qui en sont responsables devraient finir par être éliminés du génome. Pourtant, ils persistent. Quels avantages le gène de la mucoviscidose confère-t-il ? Gerald Pier et ses collègues de la Faculté de médecine d'Harvard ont récemment montré que les porteurs d'un seul exemplaire du gène de la mucoviscidose semblent avoir moins de risques de contracter une fièvre typhoïde que les autres (le taux de mortalité de la fièvre typhoïde atteint 15 pour cent).

Le vieillissement est sans doute le meilleur exemple de compromis génétique. En 1957, l'un de nous deux (G. Williams) supposa que les gènes du vieillissement et de la mort ont été sélectionnés parce qu'ils ont des effets intéressants chez les jeunes, où la pression de sélection est la plus forte. Ainsi, un gène qui, en contrôlant le métabolisme du calcium, assurerait une consolidation rapide des os, mais entraînerait aussi un dépôt régulier de calcium sur les parois des artères serait-il sélectionné ? Oui, car, même s'il tue quelques personnes âgées, son intérêt pour la consolidation des fractures l'emporterait.

Le vieillissement : un compromis génétique

On a observé l'influence de ces gènes pléiotropes (qui ont de multiples effets) chez les drosophiles et chez les ténébrions (des insectes qui vivent dans les lieux sombres et dont les larves se développent dans la farine), mais pas chez l'homme. Sauf, peut-être, dans le cas de la goutte : cette maladie survient quand l'acide urique (un puissant antioxydant) forme des cristaux qui précipitent dans les articulations. D'une part, les antioxydants luttent contre le vieillissement et, d'autre part, les concentrations plasmatiques en acide urique, chez différentes espèces de primates, augmentent avec l'âge : des concentrations élevées en acide urique sont bénéfiques pour beaucoup de personnes, car elles ralentissent le vieillissement tissulaire, mais, en contrepartie, quelques personnes souffrent de goutte.

D'autres facteurs accélèrent le vieillissement. Ainsi, des défenses immunitaires énergiques nous protègent contre les infections, mais elles endommagent sans cesse nos tissus.

Il est possible que la plupart des gènes du vieillissement n'aient jamais aucune contrepartie avantageuse : ils seraient présents uniquement parce qu'ils sont transmis aux enfants avant que leurs effets néfastes ne se soient exprimés chez les parents (la sélection naturelle ne peut modifier les gènes qui ont déjà été transmis). Nous prévoyons qu'au cours des dix prochaines années les biologistes identifieront des gènes qui accélèrent le vieillissement et trouveront alors comment les inhiber. Auparavant, nous devrions être certains qu'en inhibant les effets délétères de ces gènes chez les personnes âgées, on ne bloque pas aussi d'éventuelles actions positives chez les personnes jeunes.

Comme l'évolution est irréversible, un organisme ne peut évoluer qu'à partir des structures existantes. Ainsi, nous l'avons souligné, l'œil des vertébrés est « imparfait ». En revanche, celui du calamar est parfait : les vaisseaux et les nerfs restent à l'extérieur, ne pénètrent que là où cela est nécessaire et immobilisent la rétine, qui ne peut pas se décoller. Seule la malchance est responsable des défauts de l'œil humain : il y a des centaines de millions d'années, la

Les principes de la médecine darwinienne

Une approche darwinienne de la médecine modifie certaines interprétations. Les principes suivants permettent de considérer santé et maladie dans un contexte évolutif :

Les **DÉFENSES** de l'organisme et les **SYMPTÔMES** sont des manifestations fondamentalement différentes des maladies.

BLOQUER LES DÉFENSES a des avantages, mais aussi des inconvénients.

La sélection naturelle contrôle les défenses comme un **DÉTECTEUR DE FUMÉE**, de sorte que le déclenchement des défenses et la douleur associée sont parfois excessives.

Les épidémies modernes surviennent vraisemblablement parce que la physiologie de l'organisme humain n'est pas adaptée aux **NOUVEAUX ASPECTS** de notre environnement.

Nos **COMPORTEMENTS**, façonnés dans un environnement ancestral pour optimiser notre succès reproducteur, sont aujourd'hui responsables de maladies et de mort prématurée.

L'organisme est une somme de **COMPROMIS**.

Un organisme humain **NORMAL** n'existe pas. Un génome humain **NORMAL** n'existe pas.

L'ÉGOÏSME DE NOS GÈNES guide les actes individuels, même au détriment de la santé et de la longévité.

Certains **GÈNES** responsables de maladies confèrent parfois des avantages ; d'autres ne deviennent pathogènes qu'en présence de nouveaux facteurs environnementaux.

La **VIRULENCE** des agents pathogènes peut changer.

Les **SYMPTÔMES** d'une infection peuvent profiter à l'agent pathogène, à la personne malade, à l'un et à l'autre, ou à aucun des deux.

Les maladies sont **INÉVITABLES** en raison de la façon dont les organismes ont évolué.

Face à une maladie, on **S'INTERROGE** : pourquoi certaines personnes sont-elles contaminées, d'autres pas ? On doit rechercher une **EXPLICATION ÉVOLUTIONNISTE** à la vulnérabilité face aux maladies.

Contrairement aux maladies qui ne sont pas le fruit de la sélection naturelle, la **VULNÉRABILITÉ** en est le produit.

Le vieillissement est plutôt un **COMPROMIS** qu'une maladie.

Les recommandations médicales doivent reposer sur des **ÉTUDES CLINIQUES** ; la théorie, si elle n'est pas scientifiquement fondée, risque d'être nuisible.

couche de cellules qui, chez nos ancêtres, devint sensible à la lumière n'était pas disposée de la même façon que la couche équivalente des calmars. Les deux structures ont alors évolué chacune à leur façon, et il n'existe aucun moyen de revenir en arrière.

Cette interdépendance des mécanismes évolutifs explique, par exemple, que l'on risque de s'étouffer quand des aliments solides obstruent nos bronches : les voies respiratoires et digestives se croisent parce que, chez un ancêtre des poissons à poumons, l'air était inspiré par un orifice situé sur le dessus du museau et aboutissait dans un espace localisé sur le trajet des aliments.

Des organes inutiles et qui risquent d'entraîner la mort ont même parfois été sélectionnés : c'est le cas de l'appendice, vestige d'une cavité que nos ancêtres utilisaient au cours de la digestion. Aujourd'hui, l'appendice ne sert plus à rien : pourquoi la sélection naturelle ne l'a-t-elle pas éliminé ? Une appendicite résulte d'une inflammation, et d'un gonflement qui comprime l'artère irriguant l'appendice. Quand le sang circule normalement, les bactéries ne peuvent se développer. En revanche, toute réduction du débit risque de favoriser une infection, donc un gonflement, lequel comprime l'artère et diminue encore le débit sanguin. Quand le sang cesse de circuler, les bactéries se multiplient jusqu'à ce que la paroi de l'appendice se rompe. Un petit appendice risque plus d'être infecté, et c'est pourquoi, paradoxalement, la pression de sélection favorise les gros appendices. L'organisme humain n'est pas parfait, et une analyse évolutive révèle que certains des organes ou des mécanismes physiologiques hérités de nos ancêtres sont néfastes ; nous avons même un certain nombre de « talons d'Achille » soigneusement épargnés par la sélection naturelle.

Évolution de la médecine darwinienne

Malgré la puissance du modèle darwinien, la biologie évolutionniste s'est difficilement imposée. La plupart des maladies diminuent la capacité de transmission des gènes : la sélection naturelle semble expliquer la santé, mais pas la maladie. L'approche darwinienne n'a de sens que si l'on se demande pourquoi l'on est sensible aux maladies. De surcroît, il est erroné de croire que la sélection naturelle privilégie la santé :

elle ne fait qu'optimiser le succès reproducteur des gènes. Les gènes qui augmentent le succès reproducteur sont de plus en plus nombreux, même s'ils compromettent la santé des individus qui les portent.

Ainsi, l'histoire et diverses conceptions erronées ont entravé le développement de la médecine darwinienne. Une approche évolutionniste ne sera pas acceptée avant d'avoir été débarrassée de certaines idées reçues : par exemple, chaque fois que l'évolution et la médecine sont associées, le spectre de l'eugénisme réapparaît. Or, même si l'approche darwinienne montre que tous les organismes humains sont également vulnérables face à la maladie, nous ne pouvons envisager, ni *a fortiori* même mettre en œuvre une quelconque tentative d'amélioration de l'espèce. En revanche, notre approche souligne que des défauts génétiques apparents ont parfois une utilité adaptative méconnue, qu'un génome « normal » n'existe pas, et que la notion de « normalité » est même simpliste.

L'application systématique de la biologie évolutionniste à la médecine est une entreprise toute nouvelle. Comme la biochimie au début du XX^e siècle, la médecine darwinienne devra démontrer son utilité. Il faudra du temps et des moyens aux spécialistes de cette nouvelle discipline pour tester leurs hypothèses et les valider.

La perspective évolutionniste relie la maladie et le fonctionnement normal, fédère des voies de la recherche médicale jusqu'alors disjointes et ouvre de nouveaux domaines aux biologistes. Si ces recherches sont fructueuses, la biologie évolutionniste devrait devenir une science médicale fondamentale à part entière.

Randolph NESSE est professeur de psychiatrie à la Faculté de médecine du Michigan. George Williams est professeur émérite d'écologie et d'évolution à l'Université de Stony Brook.

P.W. EWALD, *Evolution of Infectious Disease*, Oxford University Press, 1994.

M.T. McGUIRE et A. TROISI, *Darwinian Psychiatry*, Harvard University Press, 1998.

Evolution in Health and Disease, sous la direction de S. Stearns, Oxford University Press, 1998.

W.R. TEVATHAN et al., *Evolutionary Medicine*, Oxford University Press, à paraître.

L'instructive histoire des noms de familles

JEAN-MARIE LEGAY • MICHEL VERNAY

La transmission des noms de familles obéit à des lois génétiques. Leur histoire renseigne sur l'Histoire des hommes, sur leur origine géographique et sociale, ainsi que sur les migrations.

En France, les patronymes se transmettent par le père, et cette transmission est analogue à celle d'un gène porté par le chromosome Y (chromosome sexuel présent uniquement chez l'homme). Associant ainsi patronymie et génétique, les noms de familles constituent un outil efficace de connaissance de l'histoire migratoire et démographique depuis leur émergence, il y a environ sept siècles.

Aucun autre marqueur n'offre une telle possibilité : dans le meilleur des cas, les généalogies ne remontent guère au-delà du XVI^e siècle, quant aux analyses à partir des allèles (des variantes de gènes), d'une part, elles ne sont disponibles que pour les populations contemporaines et, d'autre part, les allèles ont émergé il y a trop longtemps pour permettre une exploration efficace de notre histoire récente. Aussi l'analyse de la dynamique et de la dispersion géographique des

patronymes est-elle devenue un axe important de recherche en génétique des populations.

Après avoir analysé les mécanismes d'apparition, de transmission et de disparition des patronymes, nous examinerons comment, dans quelques départements, la répartition des patronymes renseigne sur l'immigration, ainsi que sur les mécanismes de