



QUE PEUT NOUS APPRENDRE L'ÉVOLUTION SUR NOS MALADIES ?

Barbara Natterson-Horowitz^{1,2*} and Daniel T. Blumstein^{3*}

¹Unité de Cardiologie, École de Médecine David Geffen, Université de Californie, Los Angeles, Los Angeles, CA, États Unis

²Département de Biologie évolutive humaine, Université Harvard, Cambridge, MA, États Unis

³Département d'Écologie et de Biologie de l'évolution, Université de Californie, Los Angeles, CA, États Unis

Pourquoi tombons-nous malades ? Les médecins diraient qu'il existe de nombreuses causes de maladie : le virus SRAS-CoV2 provoque le COVID-19, les mauvaises habitudes alimentaires provoquent l'obésité, le tabagisme provoque le cancer du poumon. Mais nous pouvons aussi aborder cette question en portant notre attention sur notre espèce. En tant qu'espèce, pourquoi notre corps est-il vulnérable aux maladies ? Notre évolution n'aurait-elle pas dû nous conduire à être toujours en bonne santé ? Le domaine de la médecine évolutive vise à associer les connaissances des sciences médicales à celles des sciences de l'évolution pour mieux expliquer la santé et la maladie. Cette approche pourrait fournir des moyens entièrement nouveaux pour traiter les menaces qui pèsent sur la santé humaine, telles que le cancer, les infections par des bactéries résistantes aux antibiotiques, l'obésité et le COVID-19, pour n'en citer que quelques-unes !

L'ÉVOLUTION PEUT NOUS AIDER À COMPRENDRE LA SANTÉ ET LA MALADIE

As-tu déjà réfléchi à ce qui nous rend malades ? Cela dépend bien sûr de la maladie : le COVID-19 est dû au virus SRAS-CoV2, l'obésité à de mauvaises habitudes alimentaires, le cancer du poumon au tabagisme etc. Mais examinons la question d'une manière légèrement différente... Ne

THÉORIE SCIENTIFIQUE.

Explication d'un ensemble de faits et d'observations qui se recourent et peuvent se vérifier par l'expérience

ÉVOLUTION. Processus par lequel les organismes changent au cours des générations. Elle résulte de la sélection naturelle, qui trie les organismes les mieux adaptés, ceux qui ont le plus de chances de se reproduire et de transmettre leurs gènes.

MÉDECINE ÉVOLUTIVE.

Domaine relativement nouveau qui combine les connaissances des sciences de l'évolution avec celles de la médecine, dans le but d'améliorer la santé humaine de manière novatrice.

pourrions-nous pas nous demander ce qui nous rend vulnérables aux maladies ? Selon la **théorie** de l'**évolution**, ce sont les organismes les mieux adaptés qui survivent le mieux. Pourquoi alors, dans l'espèce humaine – ou dans toute autre espèce animale – y a-t-il des individus qui tombent malades ? Alors que la plupart des médecins s'intéressent aux causes directes des maladies, un nouveau domaine passionnant, la **médecine évolutive**, cherche à combiner les connaissances des sciences médicales avec les concepts du domaine des sciences de l'évolution, et fournit une nouvelle manière d'aborder la santé et la maladie [1].

Que nous enseigne exactement l'étude de l'évolution sur les maladies humaines ? Tout d'abord, la plupart des maladies "humaines" ne sont pas strictement "humaines" : d'autres animaux en souffrent également. Il est aussi vrai que certaines espèces animales sont résistantes à certaines maladies humaines, ce qui signifie qu'elles sont en quelque sorte protégées. Comprendre ce qui rend différentes espèces animales sensibles (vulnérables) ou résistantes (protégées) aux maladies "humaines" peut nous donner une nouvelle vision des mécanismes impliqués dans ces maladies et une autre façon de les combattre. Ensuite, comme le résultat de l'évolution se traduit souvent par une "résistance" des organismes aux éléments de leur environnement qui menacent leur santé (bactéries, virus, antibiotiques ou pesticides, pour n'en citer que quelques-uns), la médecine évolutive peut nous aider à aborder la "bataille" entre les humains et les organismes infectieux ou les cellules cancéreuses. Enfin, la médecine évolutive nous offre une nouvelle façon d'envisager des maladies humaines "modernes" telles que l'obésité et le diabète. Par exemple, l'obésité, directement causée par de mauvaises habitudes alimentaires, ne pourrait-elle pas aussi être le résultat d'un "décalage" entre l'environnement dans lequel les humains du passé ont évolué (où la nourriture était rare) et l'environnement actuel (où la nourriture est facile à obtenir) ? La compréhension de ce décalage pourrait ouvrir la voie à de nouveaux traitements ou à des mesures préventives. En bref, la médecine évolutive pourrait nous aider à relever les nombreux défis en matière de santé humaine par des moyens nouveaux et efficaces !

QUE POUVONS-NOUS APPRENDRE DES AUTRES ESPÈCES ?

Les espèces animales de la planète sont extrêmement diversifiées : elles ont développé de nombreuses caractéristiques uniques et particulières pour survivre et s'épanouir dans leur environnement spécifique. Certaines de ces caractéristiques semblent les protéger contre des maladies humaines courantes, qu'il s'agisse d'infections, de cancers ou de maladies cardiaques (Figure 1). En raison de la grande diversité des espèces animales, il existe probablement de nombreux exemples de résistance aux maladies dans la nature. En outre, de nombreuses maladies humaines non contagieuses (cancer, diabète) existent également chez d'autres espèces, notamment les maladies cardiaques, le mélanome, le cancer du sein et du poumon, la cataracte et l'arthrite. En étudiant les animaux qui souffrent ou non de maladies ou de troubles humains, les scientifiques et les médecins

pourraient apprendre des choses qui les aideraient à comprendre pourquoi les humains souffrent de ces affections.

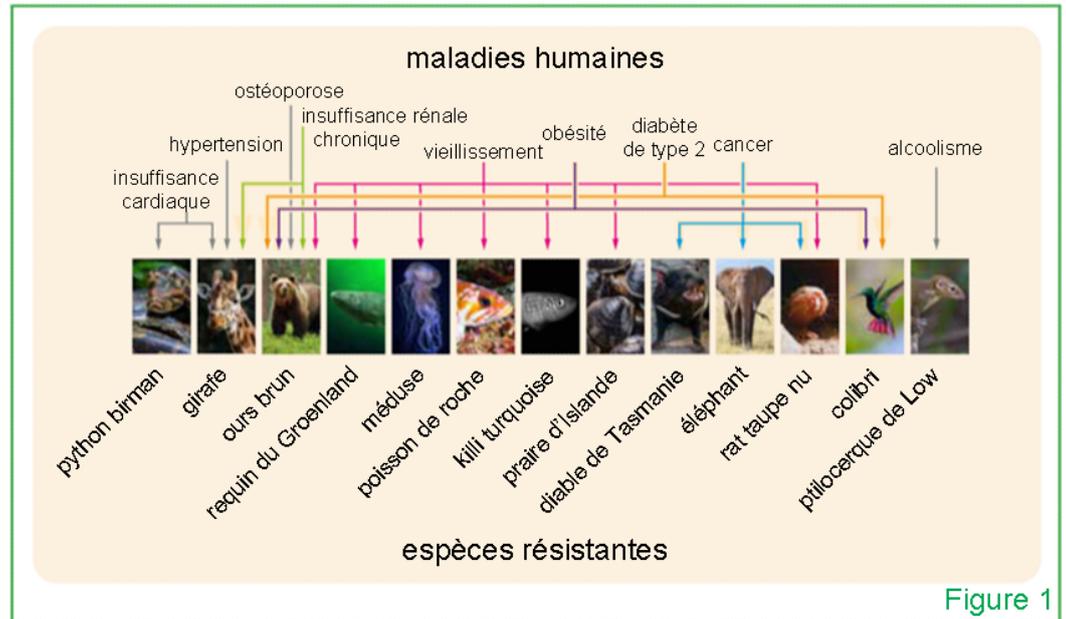


Figure 1. Certaines espèces animales ont évolué pour devenir résistantes à diverses maladies ou troubles de la santé qui affectent couramment les humains. L'étude des caractéristiques particulières des espèces naturellement résistantes pourrait aider les chercheurs et les médecins à mieux comprendre ces maladies et pourrait accélérer le développement de nouveaux traitements ou remèdes. Figure publiée à l'origine dans *Frontiers in Science* [2].

Avant de pouvoir bénéficier de ces connaissances, il faut identifier les mécanismes de résistance et de sensibilité aux maladies chez les animaux. Ce n'est pas facile car de nombreuses maladies humaines n'ont pas encore été étudiées sur l'ensemble des espèces et, même quand ces recherches ont eu lieu, vétérinaires et médecins n'échangent pas leurs connaissances aussi souvent qu'ils le devraient. Si des prélèvements sur des animaux captifs et sauvages étaient régulièrement réalisés et étudiés après leur mort, les informations sur leur vulnérabilité aux maladies pourraient être rassemblées dans une base de données. Une telle base de données, accessible aux médecins et aux chercheurs, pourrait déboucher sur de nouveaux traitements ou remèdes [3].

LA "COURSE AUX ARMEMENTS" DE L'ÉVOLUTION

L'évolution implique l'**adaptation** : les modifications aléatoires du matériel génétique d'un organisme qui augmentent ses chances de survivre et de se reproduire, c'est-à-dire de transmettre ses gènes aux nouvelles générations. Une façon de comprendre l'évolution est de la voir comme l'enchaînement d'une succession d'adaptations, un peu comme une "course aux armements" entre nations, dans laquelle chaque nation essaie constamment d'avoir les armes les plus puissantes. L'évolution des **bactéries résistantes aux antibiotiques** est un excellent exemple de ce processus. Les bactéries se reproduisent rapidement (certaines toutes les 20 minutes dans des conditions optimales !), il est donc beaucoup plus facile

ADAPTATION.

Caractéristique physique, physiologique, génétique ou comportementale qui aide un organisme à survivre et se reproduire dans son environnement.

BACTÉRIES RÉSISTANTES AUX ANTIBIOTIQUES.

Bactéries qui se sont adaptées et survivent en présence d'antibiotiques, des médicaments mis au point pour les éliminer.

de voir et d'étudier les adaptations chez les bactéries que chez les humains ou d'autres espèces qui mettent des années à grandir et à se développer. Comment la résistance aux antibiotiques se produit-elle ? Imaginons qu'une personne soit infectée par une souche de bactéries habituellement sensibles à l'antibiotique pénicilline. Si nous "combattons" cette infection en traitant le malade avec une forte dose de pénicilline, la plupart des bactéries infectantes mourront rapidement.

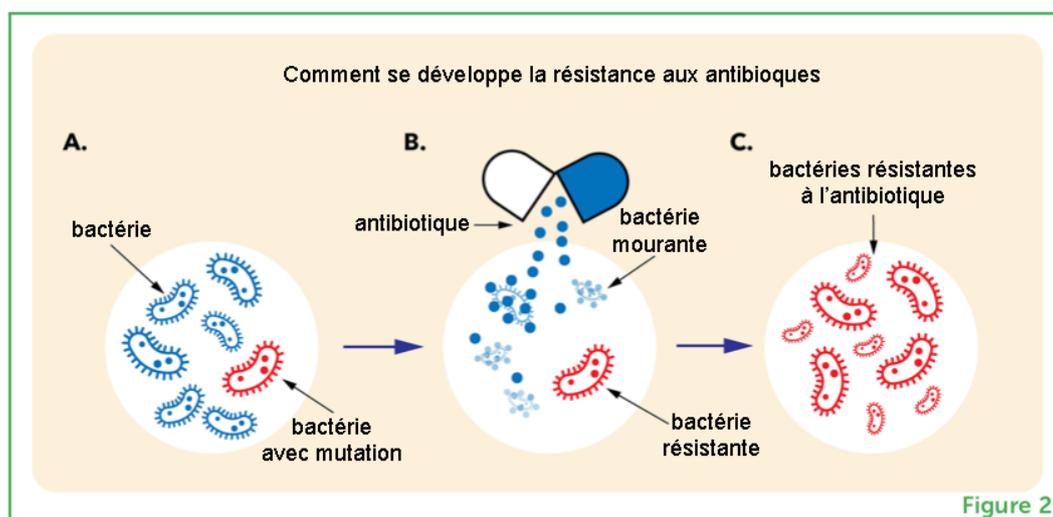


Figure 2. Comment la résistance aux antibiotiques se développe-t-elle ? (A) Dans une population de bactéries, la plupart des bactéries sont sensibles à l'antibiotique utilisé pour traiter l'infection (bleu). Cependant, une ou quelques bactéries peuvent présenter une mutation qui les protège (rouge). (B) Lorsque l'antibiotique est administré, les cellules sensibles meurent, ne laissant que les cellules résistantes, qui disposent soudain de beaucoup d'espace et de ressources. (C) En se divisant, les cellules résistantes créent une nouvelle population de bactéries résistantes aux antibiotiques. L'évolution de la résistance des cellules cancéreuses à la chimiothérapie suit le même schéma.

Toutefois, si une ou quelques bactéries présentent une mutation qui permet de "résister" aux effets de la pénicilline, ces bactéries protégées continueront à se développer en présence du médicament. Lorsque les bactéries sensibles à la pénicilline meurent, les bactéries résistantes à la pénicilline disposent soudain de beaucoup d'espace et de ressources pour elles seules ! En peu de temps, toute la population bactérienne dans le corps du malade sera adaptée à la présence de pénicilline dans son environnement car les bactéries sensibles seront toutes mortes et il ne restera plus que des bactéries résistantes à la pénicilline (Figure 2) ! Si ces bactéries se propagent et infectent une autre personne, l'infection qui en résultera ne répondra pas au traitement à la pénicilline.

La situation est similaire pour les cellules cancéreuses [4]. Les cancers sont souvent traités à l'aide de produits appelés médicaments de chimiothérapie. De fortes doses d'un médicament de chimiothérapie provoquent la mort des cellules cancéreuses les plus sensibles à ce médicament, laissant survivre quelques cellules cancéreuses résistantes qui peuvent se diviser et produire d'autres cellules résistantes, comme nous l'avons vu avec la résistance bactérienne aux antibiotiques. Les cellules cancéreuses résistantes au médicament peuvent alors se multiplier et finir

par tuer le patient. Dans les pays développés, les malades meurent rarement d'infections bactériennes ou de cancers sensibles aux médicaments, de sorte que dans ces deux cas le problème médical crucial est l'évolution de la résistance.

La méthode traditionnelle pour lutter contre la résistance aux antibiotiques ou à la chimiothérapie consiste à développer sans cesse de nouveaux médicaments pour remplacer ceux qui échouent. Bien que cette approche puisse fonctionner pendant un certain temps, elle est coûteuse et cela prend plusieurs années entre la découverte d'une nouvelle molécule active et sa mise sur le marché comme médicament. Plus important encore, les bactéries et les cellules cancéreuses continuent à s'adapter et développent de nouveaux mécanismes de résistance plus puissants. Par exemple, certaines bactéries (et cellules cancéreuses) ont développé des pompes moléculaires capables de les débarrasser de plusieurs types de médicaments, même ceux qui n'ont pas encore été inventés ! En plus de la nécessaire recherche de nouveaux médicaments, nous pourrions peut-être adopter une approche de médecine évolutive et nous attaquer au processus d'évolution lui-même ! Mais comment faire ?

LUTTER CONTRE LES MALADIES INFECTIEUSES ET LE CANCER AVEC NOS CONNAISSANCES SUR L'ÉVOLUTION

Les principes de la médecine évolutive nous donnent plusieurs idées pour lutter contre la résistance aux antibiotiques ou à la chimiothérapie [4, 5]. Une première approche, adoptée bien avant que l'on parle de médecine évolutive, consiste à utiliser les médicaments existants d'une meilleure manière, c'est-à-dire d'une manière moins susceptible d'entraîner la multiplication de cellules résistantes. Par exemple, en combinant deux ou plusieurs médicaments ou en ajustant leurs concentrations pour ralentir la sélection de résistances, ou encore en passant d'un médicament à un autre au fil du temps. La **thérapie adaptative** pour le cancer vise à utiliser des doses plus faibles de médicaments de chimiothérapie, non pas pour éliminer le cancer, mais pour le garder sous contrôle le plus longtemps possible. En effet l'adaptation des cellules cancéreuses résistantes à la présence d'un médicament s'accompagne souvent d'un "coût" pour ces cellules : elles se multiplient moins que les cellules cancéreuses sensibles. La thérapie adaptative tente de contrôler la croissance du cancer en tenant compte de la compétition entre les deux types de cellules (sensibles et résistantes) et de la mortalité des cellules sensibles en présence du médicament. Une autre approche, appelée **thérapie d'extinction**, s'inspire de ce que les scientifiques ont appris de l'extinction des populations animales : l'extinction commence souvent par une diminution de la taille de la population, suivie d'un nouvel événement naturel, comme une pénurie alimentaire majeure ou un changement climatique, qui tue les individus restants. Ainsi la thérapie d'extinction vise à éliminer le cancer en utilisant un premier médicament pour réduire le nombre de cellules cancéreuses puis, quand le cancer n'est plus détectable et avant que le nombre de

THÉRAPIE ADAPTATIVE.

Thérapie anticancéreuse dans laquelle de faibles doses de médicaments de chimiothérapie sont utilisées pour maintenir le cancer sous contrôle pendant une longue période, sans tuer totalement les cellules cancéreuses.

THÉRAPIE D'EXTINCTION.

Thérapie anticancéreuse dans laquelle un premier médicament est utilisé pour réduire le nombre de cellules cancéreuses, puis remplacé par un second médicament pour éliminer les cellules cancéreuses résistantes au premier médicament.

* Poursuivre un traitement, habituellement très toxique peut présenter des inconvénients chez les patients qui ne feraient pas de rechute.

PHAGOTHÉRAPIE.

Utilisation de virus qui infectent et tuent spécifiquement les bactéries pour traiter les infections bactériennes ; une alternative potentielle aux antibiotiques.

RÉSISTANCE AUX BACTÉRIOPHAGES.

Les bactéries peuvent développer différents types de résistance à leurs virus. La résistance la plus courante est due à une ou plusieurs mutations du récepteur du virus à la surface de la bactérie.

INADÉQUATION ÉVOLUTIVE (DÉCALAGE ÉVOLUTIF).

Situation où les caractéristiques utiles qu'un organisme a développées dans des environnements antérieurs ne le sont plus dans le nouvel environnement et peuvent même causer des maladies.

cellules résistantes commence à augmenter, à remplacer ce premier médicament par un deuxième médicament qui tue les cellules cancéreuses restantes. Cette stratégie est différente de celle utilisée classiquement : dans la thérapie d'extinction on n'attend pas une rechute pour appliquer une deuxième ligne de traitement*.

Nous pourrions également mettre au point des thérapies qui interfèrent avec le processus d'évolution lui-même. Ces approches consistent à empêcher les bactéries de se transmettre les gènes de résistance (ce qu'elles font souvent très bien) ou à utiliser, en même temps que les antibiotiques traditionnels, d'autres médicaments qui ne tuent que les bactéries ayant développé une résistance. Pour lutter contre les infections bactériennes, il y a une autre solution, appelée **phagothérapie**. Elle est basée sur l'utilisation de bactériophages, des virus spécifiques des bactéries. Les bactériophages sont inoffensifs pour les cellules humaines, mais ils infectent les bactéries, s'y multiplient puis les détruisent en libérant de nombreux nouveaux bactériophages ; ils agissent comme des "médicaments" autoreproducteurs ! Cependant, tout comme les bactéries peuvent devenir résistantes aux antibiotiques, elles peuvent aussi devenir **résistantes aux bactériophages**. En comprenant les mécanismes qui aboutissent à ce type de résistance, les scientifiques seront-ils en mesure de concevoir des bactériophages qui provoquent le "bon" type de résistance chez les bactéries qu'ils infectent, les rendant en même temps *moins* dangereuses ou *plus* vulnérables aux antibiotiques ou aux défenses de l'organisme [6] ? Pourrait-on par exemple concevoir des bactériophages qui s'attachent à la pompe moléculaire d'expulsion d'antibiotiques mentionnée plus haut ? Les bactéries résistantes à ces bactériophages auraient alors de bonnes chances d'avoir acquis des mutations de la pompe qui aurait ainsi perdu de son efficacité.

QUAND L'ÉVOLUTION NE PEUT PAS SUIVRE NOS CHANGEMENTS DE VIE

La médecine évolutive peut nous aider à comprendre plus que la vulnérabilité et la résistance aux maladies ; elle peut nous aider à comprendre comment l'évolution rapide de nos sociétés et de nos pratiques culturelles entraîne une **inadéquation évolutive** (ou un décalage évolutif) résultant des différences entre les caractéristiques (adaptations) utiles dans notre environnement actuel et les caractéristiques qui nous ont permis de prospérer dans les environnements qui existaient au cours de notre longue histoire évolutive. L'évolution est un processus lent, beaucoup plus lent que le changement culturel. Lorsqu'un organisme est exposé à un nouvel environnement, les adaptations qui ont joué un rôle important dans le passé peuvent ne plus être utiles et même provoquer des maladies [7].

Prenons l'exemple des mauvaises habitudes alimentaires et des effets sur la santé qu'elles entraînent. Les troubles de la santé liés à l'alimentation, tels que l'obésité, les maladies cardiaques et le diabète de type 2, sont en

augmentation dans les sociétés à revenu élevé depuis la Seconde Guerre mondiale. Bien que ces troubles soient souvent considérés comme des maladies liées au "mode de vie" devant être traitées par une alimentation plus saine et davantage d'exercice, ils pourraient être décrits plus précisément comme un problème d'inadéquation évolutive (Figure 3).

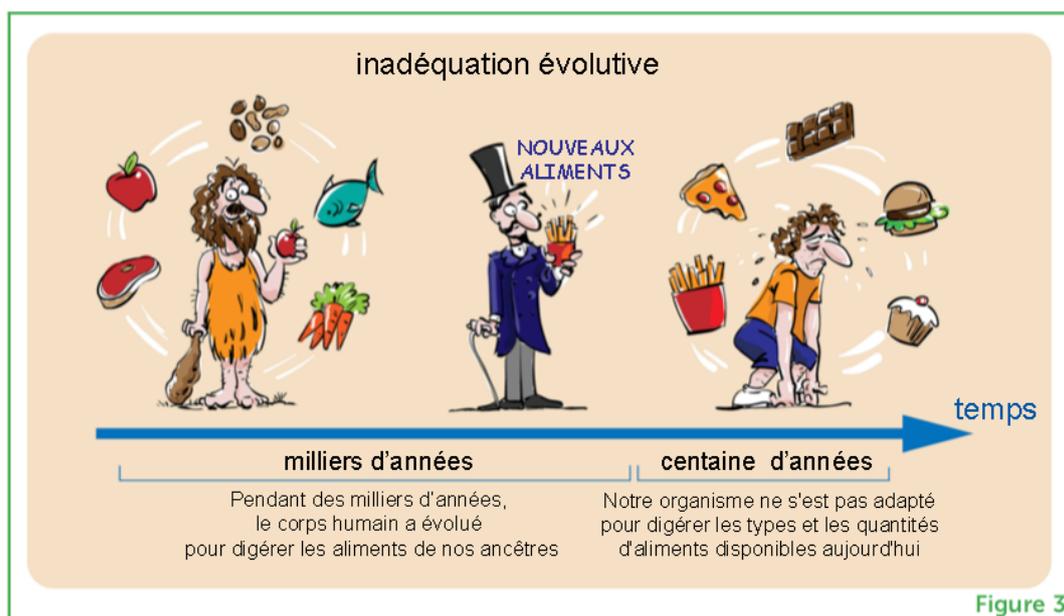


Figure 3. La fréquence des troubles de santé liés à l'alimentation que nous observons aujourd'hui est un exemple d'inadéquation évolutive. Pendant des milliers d'années, le corps humain a évolué pour digérer les aliments de nos ancêtres ; ces aliments étaient peu abondants et généralement pauvres en graisses et en sucres. L'évolution biologique est un processus très lent, alors que notre "écosystème alimentaire" a changé rapidement (au cours des 100 dernières années). Notre organisme ne s'est pas adapté pour digérer les types et les quantités d'aliments disponibles aujourd'hui, de sorte que la suralimentation ou la consommation d'aliments faciles à trouver aujourd'hui peuvent entraîner des maladies.

Dans notre passé évolutif, il était beaucoup plus difficile de se procurer de la nourriture et les aliments transformés (riches en graisses, en calories et en sucres) n'existaient pas. Notre "écosystème nutritionnel" a donc changé plus rapidement que l'espèce humaine n'a pu évoluer. Notre organisme n'est pas adapté aux types (et aux quantités) d'aliments facilement disponibles aujourd'hui. Il en résulte une augmentation des taux d'obésité et des troubles de santé qui y sont associés.

L'AVENIR EST DANS LA MÉDECINE ÉVOLUTIVE !

Malgré tous les progrès réalisés par les médecins et les scientifiques pour comprendre les causes, les symptômes et les traitements de diverses maladies, l'être humain continue à être confronté à de graves menaces sanitaires et à de nouvelles menaces émergentes. Nous espérons que tu as maintenant une idée plus claire des raisons pour lesquelles notre corps est vulnérable aux maladies et des raisons pour lesquelles des menaces pour la santé humaine ne cessent d'apparaître. La médecine évolutive combine les connaissances des sciences médicales et des sciences de l'évolution pour nous donner un aperçu particulier et inhabituel des maladies virales et

bactériennes, des cancers, de l'obésité, des maladies cardiaques et du diabète de type 2, pour n'en citer que quelques-unes. L'étude des mécanismes de sensibilité et de résistance chez d'autres espèces peut nous apprendre des choses sur les maladies humaines ; la réflexion sur l'évolution de la résistance peut conduire à de nouveaux traitements du cancer et de la résistance aux antibiotiques ; enfin le fait de considérer les maladies humaines "modernes" comme une inadéquation évolutive entre notre environnement passé et actuel peut apporter de nouvelles perspectives sur ces menaces pour la santé. Cette approche nouvelle et mixte des maladies humaines pourrait en fin de compte améliorer la santé des populations du monde entier.

REMERCIEMENTS

Coécrit par Susan Debad, docteur en sciences, diplômée de la Graduate School of Biomedical Sciences de l'Université du Massachusetts (États-Unis) et rédactrice/éditrice scientifique chez SJD Consulting, LLC. Athena Aktipis, Carl T. Bergstrom, Molly Fox, Peter D. Gluckman, Felicia M. Low, Ruth Mace, Andrew Read et Paul E. Turner étaient coauteurs du manuscrit original.

RÉFÉRENCES

- [1] Damas, J., Hughes, G. M., Keough, K. C., Painter, C. A., Persky, N. S., Corbo, M., et al. 2020. Broad host range of SARS-CoV-2 predicted by comparative and structural analysis of ACE2 in vertebrates. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 117:22311–22. doi: 10.1073/pnas.2010146117
- [2] Natterson-Horowitz, B., Aktipis, A., Fox, M., Gluckman, P. D., Low, F. M., Mace, R. et al. 2023. The future of evolutionary medicine: sparking innovation in biomedicine and public health. *Front. Sci.* 1:997136. doi: 10.3389/fsci.2023.997136
- [3] Natterson-Horowitz, B., and Bowers, K. 2013. *Zoobiquity: The Astonishing Connection Between Human and Animal Health*. New York, NY: Vintage.
- [4] Aktipis, A. 2020. *The Cheating Cell: How Evolution Helps Us Understand and Treat Cancer*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- [5] Hansen, E., Karlake, J., Woods, R. J., Read, A. F., and Wood, K. B. 2020. Antibiotics can be used to contain drug-resistant bacteria by maintaining sufficiently large sensitive populations. *PLoS Biol.* 18:e3000713. doi: 10.1371/journal.pbio.3000713
- [6] Goldhill, D. H., and Turner, P. E. 2014. The evolution of life history trade-offs in viruses. *Curr. Opin. Virol.* 8:79–84. doi: 10.1016/j.coviro.2014.07.005
- [7] Gluckman, P., and Hanson, M. 2019. *Ingenious: The Unintended Consequences of Human Innovation*. Cambridge: Harvard University Press.

VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi : 10.3389/frym.2023.1052144 ; Natterson-Horowitz B and Blumstein D (2023) What can Evolution Teach us About Being Sick? *Front. Young Minds.* 11:1052144).

TRADUCTION : Nicole Pasteur, Association Jeunes Francophones et la Science

ÉDITION : Catherine Braun-Breton, Association Jeunes Francophones et la Science

MENTOR SCIENTIFIQUE : Ula Hibner, Association Jeunes Francophones et la Science

JEUNE EXAMINATRICE :

ALIX, 14 ANS

Je suis au collège, en classe de troisième et adore les sciences, le sport et l'anglais. Plus tard, j'aimerais être médecin et chercheuse.

ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)

SOU MIS le 23 Septembre 2022; **ACCEPTÉ** le 6 Janvier 2023

PUBLIÉ en ligne le 28 Février 2023.

ÉDITEUR : Pasquale Maffia

MENTORS SCIENTIFIQUES : Ignacio Gimenez, Jing Li

CITATION : Natterson-Horowitz B and Blumstein D (2023) What can Evolution Teach us About Being Sick? Front. Young Minds. 11:1052144. doi: 10.3389/frym.2023.1052144

ARTICLE SOURCE : Natterson-Horowitz, B., Aktipis, A., Fox, M., Gluckman, P. D., Low, F. M., Mace, R., et al. 2023. The future of evolutionary medicine: sparking innovation in biomedicine and public health. Front. Sci. 1:997136. doi: 10.3389/fsci.2023.997136

DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT.

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêt potentiel.

DROITS D'AUTEURS

Copyright © 2023 Natterson-Horowitz and Blumstein.

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

JEUNES EXAMINATEURS

PABLO, 15 ANS.

Je m'appelle Pablo, je suis à moitié mexicain et à moitié espagnol. J'aime lire et poser des questions pour améliorer mes connaissances. J'aime beaucoup les sciences et la technologie et j'aimerais devenir ingénieur. Mes

loisirs sont le piano, les jeux vidéo, le football et le padel. J'aime aussi les animaux et les voitures, surtout les voitures de compétition. Mon animal préféré est l'aigle et ma voiture préférée est l'Aston Martin Valkyrie. Mes idoles sont Adrian Newey et Fernando Alonso.

STEPHANIE, 12 ANS.

Je m'appelle Stéphanie et j'ai 12 ans. Je suis en sixième dans un collège et mes passe-temps sont le chant, le tennis et la clarinette. J'ai participé au cirque UniverSoul, aux Olympiades de mathématiques à l'école et j'ai remporté la première place à la foire scientifique du comté. J'aime écrire et lire des histoires à suspense.

AUTEURS

BARBARA NATTERSON-HOROWITZ

B. Natterson-Horowitz, docteur en médecine, est cardiologue et biologiste de l'évolution à la Faculté de Harvard et de l'UCLA. Elle a obtenu sa licence et sa maîtrise à Harvard et son diplôme de médecine à l'Université de Californie à San Francisco. Pendant 20 ans, elle a pratiqué la cardiologie, c'est-à-dire qu'elle a soigné des patients victimes de crises cardiaques, jusqu'à ce que les zoos lui demandent de les aider. Aujourd'hui, elle étudie les animaux sauvages, leur comportement et leur corps, afin de mieux comprendre et d'améliorer la santé humaine. Dans ses livres *Zoobiquity* et *Wildhood*, le Dr Natterson-Horowitz explore la santé, la maladie et ce que signifie devenir adulte d'une espèce à l'autre. Alors que ses enfants sont maintenant adultes, le Dr Natterson-Horowitz et son mari "élèvent" Hadley, leur chien adolescent. *barbhorowitz@gmail.com

DANIEL T. BLUMSTEIN

Daniel T. Blumstein est professeur d'écologie et de biologie évolutive à l'Université de Californie à Los Angeles. Il a étudié le comportement et l'écologie des animaux dans le monde entier et s'intéresse de près à l'intégration des connaissances issues de ses études sur le comportement animal dans d'autres disciplines, y compris la médecine. Il a cofondé le programme de Médecine évolutive de l'UCLA. Il dirige également une étude à long terme sur le comportement et l'écologie des marmottes à ventre jaune dans le Colorado. Lorsqu'il n'est pas dans les montagnes, il aime surfer, passer du temps dans des zones naturelles et cuisiner de bons plats pour ses amis et sa famille. *marmots@ucla.edu