

**Zeitschrift:** Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique  
**Herausgeber:** Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique  
**Band:** 26 (2014)  
**Heft:** 102

**Artikel:** Point fort stress : sous pression  
**Autor:** Hafner, Urs / Wenger, Susanne / Schipper, Ori  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-556186>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**







## Sous pression

On se plaint du stress, mais on ne peut pas s'en passer. S'il rend malade, fissure les os et rend les rats agressifs, ce phénomène a en effet aussi des effets positifs. Qu'est-ce que le stress?







# Actifs avec un grand «A»

Sans soldats et sans rats, la notion moderne de stress n'existerait pas. Et nous n'aurions pas l'impression d'en être les victimes. Pourtant, selon de nouvelles recherches, le stress serait bon pour la santé. *Par Urs Hafner*

**L**a popularité d'un concept - son ascension, sa diffusion et son inévitable déclin - en dit long sur la disposition mentale de la collectivité qui s'en sert. Prenons l'exemple de la «mort des forêts»: l'expression est aujourd'hui brandie comme preuve du pouvoir des médias et de l'hystérie de l'opinion publique dans les années 1980. C'est aller un peu vite en besogne. Car même si la «mort des forêts» ne s'est pas produite avec la radicalité redoutée, la carrière de cette expression témoigne d'un profond souci - pas vraiment infondé - de voir des ressources fondamentales détruites. A l'ère de la bombe atomique, la forêt était un lieu de nature et de nostalgie, un aimant à angoisses collectives.

Aujourd'hui, c'est le «stress» qui caracole en tête du hit-parade terminologique. Il est de bon ton de se sentir «stressé» et de lutter contre cet état à coup de séances de yoga. Le stress est considéré comme malsain et pathogène. La personne qui se sent stressée montre qu'elle est fortement engagée et très occupée. Le «stress» est la manifestation d'une époque où l'individu est préparé dès l'école enfantine à la lutte pour la survie: «Tu verras, la vie, c'est pas du gâteau.» Le burnout, apparenté au stress, représente

l'étape suivante. Contrairement à la dépression, il ne fait pas tache. L'individu en burnout a échoué - temporairement - non pas parce qu'il était incapable, mais parce qu'on lui en a trop demandé. C'est une victime d'un monde du travail qui s'emballe, mais une victime de haut niveau. L'ouvrier épuisé, qui travaille sur l'autoroute, lui, ne fait pas un burnout. Il souffre juste de douleurs dorsales physiques, à la rigueur psychosomatiques.

En sociologie, les diagnostics d'accélération, de flexibilisation, de désolidarisation et d'individualisation de la société sont légion depuis les années 1990. Richard Sennett, Axel Honneth et Alain Ehrenberg, par exemple, ont dressé le tableau d'une société marquée par un capitalisme dynamique et agressif où les individus, surtout ceux qui ont peu de ressources économiques, sociales et culturelles, sont de plus en plus sous pression. Dans le discours sur le stress permanent, ce qui transparaît, ce n'est pas seulement le souci de l'individu d'afficher la constance de ses performances, mais aussi le malaise croissant suscité par une société qui place la performance au-dessus de tout. Sans laisser de place à ceux qui ne satisfont pas à ces exigences, peu importe la raison.

## Oisiveté suspecte

Des néologismes tels que «stress lié à la densité» ou «stress test» élargissent même le phénomène. Être en présence d'une foule suffit à vous mettre sous pression. Et les humains ne sont plus les seuls concernés. On peut aussi stresser les institutions et les matériaux, pour vérifier ce qu'ils valent. La carrière de la notion de stress signale que, dans cette société, on teste et on sélectionne sans cesse, et que la pression est permanente. Ou, à tout le moins, qu'il faut faire comme si. A notre époque obsédée par l'activité, rien n'est plus suspect que le repos ou l'oisiveté.

Il arrivait certainement à nos ancêtres de se sentir sous pression et de présenter des symptômes de stress. Quand leur voisin mourait de la peste, quand l'ennemi se massait aux portes de la ville ou lorsque l'excès de précipitations ruinait définitivement la récolte. A l'époque prémoderne, comme on ne connaissait pas la notion de stress et les représentations qui lui sont associées, on ne se sentait guère stressé, pas même à la perspective de l'enfer après la mort. La peur



du surnaturel, alors omniprésente dans les campagnes, était un autre état émotionnel, qu'il est presque impossible de reconstruire aujourd'hui. Une sorte de tonalité sourde, qui cédait la place au soulagement lors de la prière ou d'une cérémonie.

### Décès dû au stress

Chaque époque a ses maladies, mais aussi ses sentiments. Même si des émotions telles la peur, la joie et la colère sont universellement répandues, elles sont toujours intégrées dans des contextes sociaux qui leur confèrent leur signification, ainsi que l'a constaté l'historienne allemande Ute Frevert (*Vergängliche Gefühle* [Sentiments éphémères], 2013). Au XIX<sup>e</sup> siècle, en Allemagne, les jeunes filles se devaient de rougir - et donc se sentir embarrassées, peut-être même «stressées» - si quelqu'un lâchait en leur présence le mot «culotte». Sans quoi, leur moralité était mise en doute.

Hans Selye, médecin et chimiste, est considéré comme l'«inventeur» du concept de stress, relève l'historien Patrick Kury dans son histoire du savoir sur le stress (*Der überforderte Mensch* [L'humain dépassé], 2012). Dans les années 1930, lors d'expériences qu'il menait sur des rats, ce chercheur avait constaté l'existence de ce qu'on appelle le syndrome d'adaptation. Lorsqu'il injectait à ces rongeurs des substances toxiques ou quand il les faisait tourner sans relâche dans leur roue, il observait des réactions hormonales qui entraînaient la mort, le «décès consécutif au stress». Pendant la Deuxième Guerre mondiale, des médecins militaires anglo-saxons ont repris ce concept pour décrire ce qu'enduraient les pilotes. Sans ces rats torturés en laboratoire et ces pilotes envoyés au combat, la pression du «stress», dont tout le monde souffre (ou dit souffrir) aujourd'hui, n'existerait donc pas.

Le concept de stress de Hans Selye était cependant strictement physiologique et endocrinologique. Dans les années 1950, il a été élargi par le médecin suédois Lennart Levi qui a établi un lien entre stress psychique, social, culturel et maladies. Cette polysémie ambiguë, le concept de stress en est toujours chargé, lui qui a essaimé des sciences naturelles vers les sciences sociales, jusque dans le langage quotidien. Il peut désigner aussi bien des réactions provoquées par une pression extérieure et tout autre stimulus que des maladies physiques

et psychiques ayant la même origine. Aujourd'hui, tout ou presque est susceptible de provoquer un «stress», même l'ennui. Et inversement, dans quasiment l'ensemble des maladies, figure un composant relevant du stress. Psychologues, sociologues, médecins, biologistes, physiciens et économistes parlent tous de stress. Et avec eux, les individus qui se sentent «stressés».

Ces dernières années, la notion de «stress bénéfique» a connu un certain essor dans la recherche en sciences naturelles. Contrairement au langage quotidien et au diagnostic sociologique de la société actuelle, ce concept a deux faces en sciences naturelles: l'une positive, l'autre négative. Hans Selye distinguait déjà entre «disstress» et «eustress». Le mauvais stress est considéré comme la cause de troubles cardio-vasculaires, de maladies auto-immunes, de dépressions et de dégénérescence cognitive. Le bon stress, en revanche, se manifeste quand les «facteurs de stress» influencent positivement l'organisme. Celui-ci tire parti, pour ainsi dire, de son potentiel d'excitation - depuis toujours, dit la biologie de l'évolution - afin d'identifier les dangers pour pouvoir se mettre en sécurité, par exemple à l'approche d'un lion.

### Sain?

Des chercheurs ont conclu que le stress pouvait même être «bon pour la santé», à condition qu'il ne soit pas chronique, mais dopant à court terme. On a ainsi observé chez des patients qui avaient été stressés par une opération une activation des cellules immunitaires, ce qui a accéléré la cicatrisation ou endigué le développement des cellules cancéreuses. Une autre expérience - stressante et mortelle - menée sur des rats donne à penser que l'augmentation de la sécrétion de cortisol (hormone du stress) augmente la plasticité du cerveau et améliore en conséquence la capacité d'apprentissage du sujet.

Ces résultats doivent être appréciés avec précaution. La santé est relative. Une personne qui apprend vite et est donc un bon élève, mais qui traite ses semblables de manière destructive, ou en étant la proie d'angoisses inconscientes, ne saurait être considérée comme étant «en bonne santé». Peut-être que ces résultats peuvent nous aider à appréhender de manière plus détendue les exigences du monde du travail, voire à les considérer comme des stimu-

lants. Pour autant qu'on fasse un travail qui laisse pareille marge de manœuvre. Ou alors faut-il considérer cette renaissance du «bon stress» comme s'intégrant à la perfection dans une société où rien n'est aussi proscrit que le farniente (à moins d'être en vacances)?

Urs Hafner est rédacteur scientifique du FNS.



# Vertus antistress de l'éloge

Un chef qui vous félicite, un employeur qui témoigne sa reconnaissance: ces baumes au cœur ont un effet. Les collaborateurs qui se sentent valorisés gèrent mieux le stress. *Par Susanne Wenger*

**L**a promotion de la santé au travail est considérée comme une stratégie moderne d'entreprise. Toute une industrie de consultants en vit. Il existe pourtant une méthode assez simple pour que le personnel garde la forme et reste productif: lui montrer qu'on l'estime. L'ensemble des entreprises affirment que les collaborateurs représentent leur plus précieuse ressource. «Mais dans la réalité, la culture dominante est celle du feedback zéro», relève Nicola Jacobshagen, de l'Institut de psychologie de l'Université de Berne. D'où la règle qu'intègrent les employés: tant qu'on ne me dit rien, c'est que tout est en ordre; les réactions, c'est quand je commets une erreur. Selon la chercheuse, cela ne signifie pas forcément que les cadres n'estiment pas leurs collaborateurs. «Souvent, ils ne réalisent pas l'effet qu'ils produisent», note-t-elle.

Mais c'est une opportunité manquée, comme le démontre une nouvelle étude de l'Institut de psychologie. Car, à long terme, la valorisation explicite est un facteur important de bien-être au travail. La recherche sur le stress a déjà identifié des rapports de cause à effet entre manque de valorisation et état de santé. La personne qui se dépense sans être récompensée finit par tomber malade. La validité de la conclusion inverse, en revanche, a été peu étudiée. Sur la base d'analyses conduites dans six entreprises de quatre cantons, les psychologues de l'Université de Berne ont constaté que la valorisation au travail diminuait le stress et aidait, à la longue, à mieux gérer la pression.

## «Une puissante ressource»

La valorisation représente donc une «puissante ressource» pour surmonter le stress, souligne Nicola Jacobshagen. Et elle est au moins aussi efficace que d'autres dispositifs. L'enquête a inclus quelque 200 collaborateurs de différentes entreprises: un hôpital bernois, un réseau de bibliothèques, une

entreprise industrielle, une entreprise de télécommunications et deux offices cantonaux. Les chercheurs les ont interrogés à trois reprises en six mois sur leur vécu en termes de valorisation et leur ont fait remplir des questionnaires sur leurs conditions de travail et leur bien-être. Résultat: les bases d'une culture de la valorisation existent, et l'impact est fiable, avec une augmentation de la motivation, de la satisfaction et de l'attachement à l'entreprise, mais aussi une amélioration de la performance.

La psychologue décèle cependant un besoin d'optimisation. Les plus valorisés sont ceux qui en font plus. Une «spirale dangereuse», estime-t-elle, susceptible d'entraîner un surmenage permanent. Il n'est pas non plus toujours nécessaire que l'entreprise manifeste sa gratitude par le biais de gestes spectaculaires (excursion du personnel ou bonus). Au quotidien, les supérieurs auraient largement l'occasion d'exprimer leur estime. Et le temps consacré à la valorisation est bien investi. Il ne s'agit pas seulement de distribuer des éloges. Valoriser un collaborateur, cela peut aussi se traduire par la décision de lui confier une tâche intéressante. Ou de l'aider à résoudre un problème informatique.

L'estime des collègues et l'éloge des clients représentent d'énormes sources de motivation. Les cadres sont eux aussi assoiffés de valorisation, mais en font rarement l'expérience. Pour Nicola Jacobshagen, les collaborateurs seraient donc bien avisés de féliciter de temps en temps leur supérieur. «Ils auraient ainsi un chef qui résiste mieux au stress.»

Susanne Wenger est journaliste scientifique libre.







# La biologie de la violence

La réaction au stress des rats et des êtres humains présente beaucoup de similitudes. Un aspect important pour comprendre les actes de violence. *Par Ori Schipper*

**L**e stress est un concept que la biologie a emprunté à la physique. Dans son sens le plus large, il désigne une réaction non spécifique de l'organisme à toute forme de sollicitation. Cette définition englobe, par exemple, le stress hydrique dans les régions sèches, auquel les cactus résistent bien parce qu'ils ont su s'adapter à la sécheresse.

Chez les animaux - et chez l'être humain - le terme désigne surtout les réponses physiques et mentales à un danger. Lorsqu'il est question de vie ou de mort, l'organisme passe à une autre vitesse. Des hormones créent un état d'alerte, le pouls s'accélère et l'angle de vue se rétrécit. Il n'y a plus qu'une seule question: la lutte ou la fuite?

«Le stress mobilise les réserves énergétiques», explique Carmen Sandi, qui dirige le Laboratoire de génétique comportementale de l'EPFL. Cette énergie supplémentaire permet de réaliser des performances hors du commun et de surmonter des situations difficiles. Un stress vivifiant et le sentiment de réussite qui l'accompagne ont un effet positif. Par effet positif, on n'entend pas seulement la productivité au travail, mais aussi, par exemple, le ralentissement de la progression du cancer du côlon chez des souris évoluant dans un environnement varié, par rapport à des souris enfermées dans une cage nue. La règle selon laquelle les expériences valorisantes seraient nécessaires pour retirer un effet positif ne vaut toutefois pas pour tout le monde. «Certains individus encaissent très bien les échecs», souligne la chercheuse.

## La dépression comme conséquence

On ignore encore largement pourquoi un rat ou une personne est capable ou non de bien gérer le stress. Cette question fait actuellement l'objet de recherches intensives. On sait en revanche que l'excès de stress est dommageable. Une personne souffre si elle épuise progressivement son énergie à supporter une contrainte ou si elle ne peut pas exploiter l'énergie dont elle

dispose. «Le résultat du stress chronique, c'est la dépression», résume Carmen Sandi.

Les dépressifs ont souvent des accès de colère, constate la scientifique qui observe un comportement similaire chez les rats, grâce auxquels elle étudie les effets du stress sur le comportement social. Au cours des dernières années, le centre d'intérêt des recherches de Carmen Sandi s'est déplacé, passant de l'influence du stress sur la pensée aux causes de la violence. Les êtres humains qui ont subi des événements traumatisants pendant leur jeunesse ont davantage tendance à commettre des actes violents que les personnes qui ont grandi dans un environnement protégé et baigné de tendresse. Chez les rats aussi, le comportement reste marqué par les expériences traumatisantes.

Lors des essais, des rats âgés de quatre à sept semaines - ce qui correspond à la puberté - ont été stressés à sept occasions, chaque fois pendant une demi-heure, de deux manières différentes. Soit on les déposait sur une plate-forme ouverte, d'environ un mètre de haut - une épreuve lourde pour les rongeurs, car ils ont le vertige et une aversion innée pour les endroits non protégés. Soit on plaçait dans leur cage un mouchoir imprégné de triméthylthiazoline. Cette substance aromatique a la même odeur que les excréments de renard et provoque chez les rats une réaction innée d'angoisse.

## Anormalement agressif

Comparés aux rongeurs qui avaient été caressés à sept reprises pendant une demi-heure, les rats stressés, une fois adultes, s'intéressaient moins à leurs nouveaux congénères ou aux nouveaux objets. Ils évitaient les contacts et étaient moins sociables. Ils affichaient aussi un comportement beaucoup plus agressif vis-à-vis des intrus que les chercheurs plaçaient dans leur cage. Alors que les individus qui avaient grandi sans être inquiétés entraient en conflit avec ces nouveaux arrivants dans 60% des cas, ceux qui étaient stressés se battaient dans plus de 80% des cas avec eux. Les chercheurs relèvent que les animaux stressés affichaient un «comportement anormalement agressif». Beaucoup plus souvent que les autres, ils mordaient leur adversaire à des endroits particulièrement vulnérables, même lorsque ce dernier se montrait soumis, ou avait été déposé immobile ou endormi dans la cage.

«Leur comportement s'apparente sur un autre point à celui des psychopathes», relève Carmen Sandi. A l'âge adulte, les rongeurs réagissaient faiblement lors-



qu'on les stressait à nouveau (par exemple avec l'odeur d'excréments de renard). «Ils étaient endurcis», analyse-t-elle. Or, de nombreuses personnes qui présentent un trouble agressif le sont aussi. Ils manquent d'empathie et de compassion.

Tout en soulignant qu'il faut être prudent, Carmen Sandi est convaincue que les points communs observés entre rats et êtres humains ne sont pas dus au hasard. Ils révéleraient en fait que la violence, qui suit souvent des événements traumatiques survenus dans la jeunesse, est due à des composantes biologiques. «Les schémas explicatifs psycho-sociaux dominants doivent être élargis et complétés par la biologie de la violence», estime-t-elle.

Cette vision des choses permettrait à la société de considérer également les auteurs de violences comme des victimes. «A l'image d'Anders Breivik», dit-elle. En 2011, ce militant d'extrême-droite avait fait exploser une bombe dans le quartier d'affaires d'Oslo. Puis s'était rendu, déguisé en agent de police, sur l'île d'Utøya où campaient les membres d'une organisation des Jeunesses travaillistes. Il y avait exécuté 69 personnes. En 1983 déjà, un pédopsychiatre sollicité pendant le divorce de ses parents (Anders Breivik était alors âgé de 4 ans) avait relevé que l'enfant était si «négligé» qu'il risquait «de développer un trouble psychiatrique sévère».

### Caractère héréditaire

Carmen Sandi ne croit pas qu'il soit toujours possible de résoudre les conflits par une approche rationnelle. «L'agressivité est liée à la peur, note-t-elle. Or, celle-ci est souvent irrationnelle.» Mais sa découverte peut-être la plus inquiétante réside dans le caractère héréditaire des comportements violents. Les descendants de rats mâles stressés fuient tout autant le contact que leurs pères et présentent le même penchant agressif, alors qu'ils n'ont pas eu de contact avec eux et n'ont donc pas pu les voir à l'œuvre et les imiter. Cela fait dire à Carmen Sandi que les problèmes de violence ne sont pas seulement liés à l'environnement culturel mais aussi à des mécanismes d'adaptation du cerveau.

«Dans le cerveau, il règne un équilibre entre signaux nerveux stimulants et signaux nerveux inhibiteurs, détaille-t-elle. Le stress chronique déplace cet équilibre vers des circuits stimulants.» Avec son groupe de recherche, elle a démontré que le fait de traiter des rats adultes stressés avec un antidépresseur atténuait leurs troubles du comportement. Le remède permet de reprogrammer les circuits traumatisés dans le cerveau.

Depuis peu, l'équipe de Carmen Santi explore encore une autre piste. Si le stress entraîne une plus importante circulation de signaux stimulants que de signaux inhibiteurs dans le cerveau, cela signifie que ce dernier a besoin de davantage d'énergie, car les signaux stimulants poussent les neurones à davantage d'activité. Or, pour s'approvisionner en énergie, les neurones dépendent de certains constituants cellulaires: les mitochondries, c'est-à-dire les «piles» des cellules.

Se pourrait-il que la vulnérabilité au stress dépende du bon état de fonctionnement de ces piles et donc de la capacité du cerveau à produire de l'énergie? Que les actes de violence ne soient pas seulement liés au stress, mais en définitive à la capacité biophysique du cerveau? Pour la professeure de l'EPFL, il existe des éléments qui étayaient cette spéculation. Par exemple, les travaux d'autres groupes de recherche qui ont examiné des détenus. Le comportement agressif de ces derniers s'est amélioré après qu'on leur a administré certains compléments alimentaires (vitamines, minéraux et acides gras essentiels).

Reste à savoir si des comprimés de ce genre permettront un jour d'empêcher les excès de violence. Et à quel point pareille évolution serait souhaitable

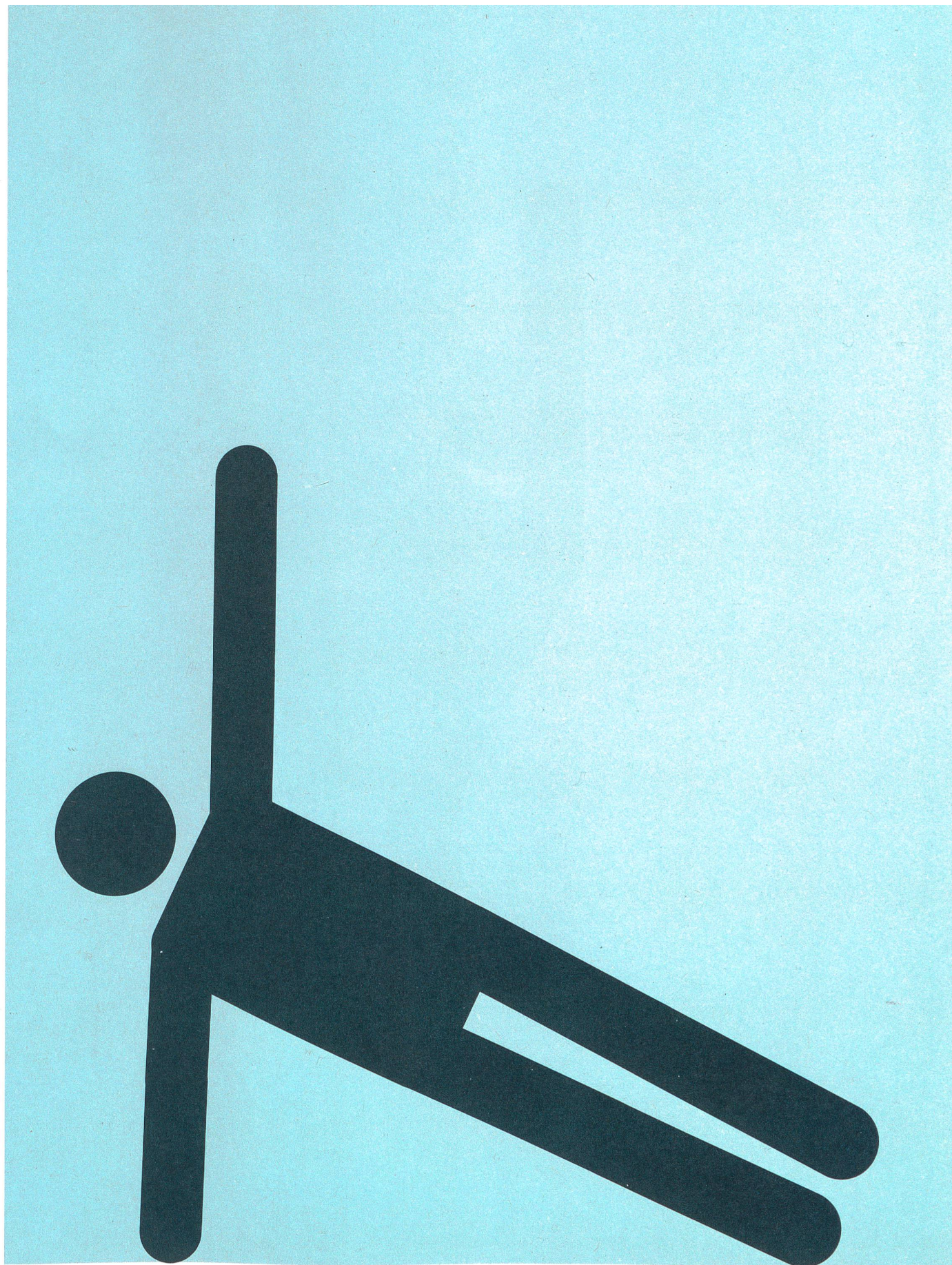
Ori Schipper est rédacteur scientifique du FNS.

### Sources:

M.I. Cordero et al. (2012): *Evidence for biological roots in the transgenerational transmission of intimate partner violence. Translational Psychiatry* 2, e106; doi:10.1038/tp.2012.32.

C. Márquez et al. (2013): *Peripuberty stress leads to abnormal aggression, altered amygdala and orbitofrontal reactivity and increased prefrontal MAOA gene expression. Translational Psychiatry* (2013) 3, e216; doi:10.1038/tp.2012.144











# Quand l'os se fissure de fatigue

Des microfissures apparaissent dans les os lorsque ceux-ci sont soumis à un stress mécanique répété. Ces dommages microscopiques sont souvent indétectables avant que l'os ne se fracture. Comment les déceler, les prévenir, voire les traiter?

*Par Anton Vos*

**L**es fractures de fatigue des os représentent près de 20% de toutes les blessures dans le sport. Le problème, c'est que les prémices de ces ruptures, provoquées par un stress mécanique chronique imposé au squelette, sont des microfissures éminemment fines quasiment indétectables par radiographie médicale avant la rupture fatidique. Afin de mieux connaître leur apparition et les mécanismes qui président à leur propagation dans le tissu osseux, Claire Acevedo, post-doctorante au Lawrence Berkeley National Laboratory (Université de Berkeley) en Californie, a récemment testé un modèle de souris capable de reproduire et d'étudier le phénomène. Une publication sur le sujet est en préparation.

«Les fractures de fatigue sont particulièrement insidieuses, car elles touchent des os en bonne santé et surviennent en l'absence de choc important, explique Claire Acevedo. Les microfissures se font jour généralement sur les os supportant le poids du corps comme le tibia, le péroné ou les métatarses. Elles sont aussi fines que des cheveux et se propagent lentement. Ce sont les sportifs de haut niveau (coureurs,

danseurs, etc.) ou les militaires suivant un entraînement intensif qui sont le plus touchés. Le processus d'autoréparation de l'os n'est alors pas assez rapide pour prévenir l'accumulation de ces fissures.»

Semblable fracture ne touche cependant pas que les sportifs. Son incidence augmente en effet avec l'âge, le risque d'ostéoporose, la présence de certaines maladies comme l'ostéogénèse imparfaite (appelée aussi la maladie dite des «os de verre») ou, paradoxalement, la prise sur le long terme de certains médicaments contre l'ostéoporose.

## Expériences sur les animaux

N'étant pas détectables par les radiographies médicales aux rayons X classiques, les mécanismes de fissuration par fatigue à travers la microstructure complexe de l'os sont encore largement méconnus. Et la seule manière d'étudier leur naissance et leur évolution ainsi que la capacité de l'os à résister et à se réparer lui-même consiste à mener des expériences sur des animaux vivants.

Claire Acevedo a choisi la souris comme objet d'étude. «La microstructure des os de cochon ou de chien aurait présenté davantage de similarités avec l'être humain, estime-t-elle. Mais les expériences seraient beaucoup plus compliquées à mettre en place et prendraient plus de temps que de travailler avec des rongeurs.»

Les essais sur les animaux ont été menés en collaboration avec l'AO Foundation à Davos et l'EPFL. Une première série de tests sur des souris mortes a permis d'évaluer les paramètres de résistance du tibia lorsqu'il est soumis à des charges cycliques mimant les efforts subis au quotidien par le squelette de sportifs.

Ces expériences ont permis d'observer, grâce à des mesures au synchrotron à rayons X offrant une résolution nettement supérieure à l'imagerie médicale, le démarrage et la propagation de microfissures. En parallèle, Claire Acevedo a développé un modèle numérique en trois dimensions



des tibias de souris. Elle a pu en déduire que les zones d'où partent préférentiellement les fissures de fatigue correspondent aux zones de concentration de contraintes (stress) qui dépendent de la forme ainsi que de la microarchitecture de l'os.

Elle a également pu identifier que ces microfissures naissent de discontinuités à la surface de l'os compact, notamment de petits canaux (contenant des nerfs ou des vaisseaux sanguins). Elles se propagent ensuite à travers les zones les plus fragiles, via d'autres canaux et petites cavités. Grâce à sa microstructure complexe, l'os met en place un dispositif ingénieux qui arrête ou dévie l'avancée des microfissures.

Dans un deuxième temps, la chercheuse a soumis une douzaine de rongeurs vivants - et anesthésiés - à des conditions de stress mécanique similaires mais en s'arrêtant bien avant la fracture de l'os. Les animaux ont ensuite été sacrifiés pour l'analyse de leur squelette après des périodes de repos variables (entre 0 et 14 jours). «Les rayons X de laboratoire ne nous permettant pas de visualiser les lésions microscopiques, il était difficile de savoir si les tibias commençaient à se fissurer tant que les souris étaient vivantes, souligne la scientifique. Heureusement, nous avons pu atteindre notre objectif dès la première tentative.»

### Musique d'avenir

A l'aide de mesures au microscope confocal à balayage laser, la chercheuse a en effet pu observer la présence de dommages diffus - qui donnent ensuite naissance aux microfissures de fatigue - à différents stades de développement ainsi que le processus d'autoréparation sous la forme d'une production de matière osseuse. «Il s'agit d'un résultat majeur de notre travail, estime-t-elle. Cela suggère que même les dommages diffus, habituellement considérés comme trop fins pour donner le signal à l'os de se réparer, participent néanmoins à l'activation des mécanismes d'autoréparation.»

L'objectif de ces études consiste à mettre au point une méthode capable de détecter, de prévenir, voire de traiter les microfissures de fatigue avant qu'elles ne provoquent la fracture chez l'être humain. Semblable perspective relève encore de la musique d'avenir, mais Claire Acevedo a pu montrer que le modèle de souris qu'elle a étudié est capable de reproduire un certain nombre d'effets dus à la fatigue des os et ce, dans un temps raisonnablement court. Un tel outil permettra donc de poursuivre le travail scientifique et d'améliorer la compréhension du phénomène.

«Aujourd'hui, un des seuls traitements efficaces dont on dispose, c'est le repos total permettant à l'os de s'auto-réparer, précise-t-elle. Pas durant un ou deux jours mais pendant plusieurs semaines au moins. La personne sujette à des microfissures ressent bien une douleur importante à un certain stade, ce qui devrait constituer une sorte de signal d'alarme. Mais si au lieu d'arrêter l'enchaînement des entraînements, elle prend un antidouleur et poursuit ses efforts, les microfissures vont s'accumuler jusqu'à la fracture complète.»

Anton Vos est journaliste scientifique, notamment pour l'Université de Genève.



