



dans les escargots aquatiques microscopiques, qui provoquent la bilharziose chez l'homme. Ces dernières décennies, les altérations des zones d'habitat ont aussi favorisé l'expansion de maladies dues aux hantavirus ou au virus *Ebola* (responsables de fièvres hémorragiques), au virus du Nil occidental, à la dengue et au VIH.

L'altération des zones d'habitat

Nous avons récemment mis en évidence une correspondance entre l'altération des zones d'habitat par l'homme et les sites où les parasites *Ribeiroia ondatrae* abondent : lors de notre campagne de surveillance dans l'Ouest américain, nous avons découvert que 44 des 59 sites humides dans lesquels les amphibiens étaient infectés par le parasite étaient des réservoirs, des étangs associés à des fermes ou autres plans d'eau artificiels. L'épandage d'engrais et l'abondance du fumier provenant des troupeaux élevés aux alentours de ces habitats favorisent souvent la prolifération des algues, entraînant la prolifération des escargots qui les mangent et qui hébergent les parasites *Ribeiroia ondatrae*, de sorte que les effectifs de gre-

nouilles difformes augmentent. Enfin, les échassiers, qui sont l'autre type d'hôte indispensable à ces parasites, sont en général présents en abondance dans ces zones aménagées par l'homme.

Bien que le parasitisme exercé par les trématodes soit l'explication la plus vraisemblable de la plupart des difformités observées chez les amphibiens, ce n'est pas l'unique cause. Parfois, la pollution de l'eau ou une exposition excessive aux rayonnements ultraviolets provoqueraient aussi des anomalies morphologiques, de l'œil ou de la peau, notamment. Parfois, ils affaiblissent le système immunitaire des amphibiens, ce qui les rend plus vulnérables à l'invasion des parasites. Enfin, les prédateurs des amphibiens, tels les poissons, les sangsues ou les tortues, qui peuvent arracher des pattes aux têtards causent aussi des difformités.

Ainsi, les amphibiens sont exposés à plusieurs facteurs de risques. Les spécialistes devront démêler l'influence de chacun de ces facteurs et comprendre leurs interactions. Les facteurs qui perturbent le développement des grenouilles et qui augmentent leur mortalité pourraient un jour menacer d'autres animaux, voire l'homme. Nous devons y prendre garde.

Andrew BLAUSTEIN est professeur de géologie à l'Université d'Oregon. Pieter JOHNSON est écologue à l'Université Madison du Wisconsin.

Pieter JOHNSON, Kevin LUNDE, Euan RITCHIE et Alan LAUNER, *The Effect of Trematode Infection on Amphibian Limb Development and Survivorship*, in *Science*,

vol. 284, pp. 802-804, 30 avril 1999.

William SOUDER, *A Plague of Frogs*, Hyperion Press, 2000.

Ecosystem, Evolution and UV Radiation, sous la direction de Charles Cockell et Andrew Blaustein, Springer-Verlag, 2001.

www.npwrc.usgs.gov/narcam

Résilience



Mithridate, ici représenté dans la tragédie de Corneille, serait le Saint Patron de la résilience : il absorbait du poison pour s'y habituer et s'en immuniser.

Qu'est ce que la résilience? En mécanique, la résilience est une mesure de la résistance aux chocs des matériaux, leur capacité de supporter les coups. Son origine est le verbe latin *resilio*,

signifiant sauter en arrière, rebondir, rejaillir. Cette origine contient en germe un enrichissement du concept : la définition du terme s'est élargie. Pour Boris Cyrulnik, subir et vaincre les coups du sort enrichissent la personnalité et la préparent à d'autres adversités.

Dans la littérature, cet «entraînement au malheur» est illustré par l'entrée dans la vie des adolescents blessés par leur enfance. Si le roman est le miroir que l'écrivain transporte tout au long du chemin de la vie, ce miroir reflète, dans la diversité, la nécessité quasi physiologique de surmonter des épreuves. *Olivier Twist* de Dickens, *Cosette* de Victor Hugo, *L'enfant* de Jules Vallès et *Brasse-Bouillon* d'Hervé Bazin, sont des exemples, parmi tant d'autres, du passage douloureux par ce chemin initiatique.

Il n'est pas jusqu'à Albert Einstein, qui ne dut subir les brimades des échecs aux examens et les refus de postes universitaires. Modeste examinateur de

brevets à Berne, il tira toutefois parti de son isolement pour développer son indépendance d'esprit et publier les articles qui changèrent la face du monde physique. Aujourd'hui, la résilience, c'est la capacité pour un objet (organe, individu, écosystème) de revenir – plus ou moins vite – à son état initial après une perturbation (au sens large) due à son environnement.

Dans les Sciences humaines, la résilience est élargie à la capacité de tirer parti des coups du sort. Elle se construit dans l'interaction entre un individu et la collectivité. En biologie, la vaccination est un exemple de résilience acquise.

Pour éclairer notre propos, nous allons examiner le concept de résilience dans de multiples contextes scientifiques pour en éclairer différentes facettes : par exemple, l'apparente fragilisation d'un message mathématique, l'imperfection nécessaire d'une technologie pour éviter des phénomènes périodiques et dangereux, les mutations favorables qui font que les espèces évoluent lors d'un changement de l'environnement, de la récupération de la végétation d'un écosystème, comme une forêt après une tempête. La résilience est la figure de style exprimant la résistance acquise suite à l'entraînement au mal.



Ramollir les aciers pour augmenter leur **résilience** : les phénomènes de trempe et de recuit

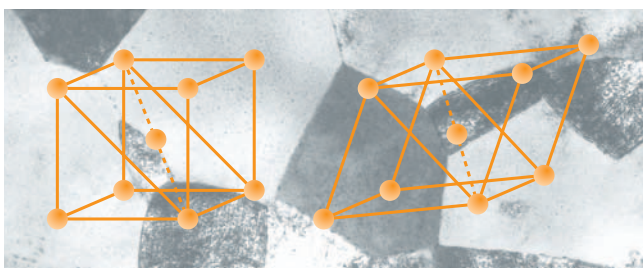
Pour durcir leurs épées, les métallurgistes de Damas savaient, au Moyen Âge, qu'il était favorable de les «recuire». Le recuit et la trempe, deux techniques proches, consistent à **porter le métal à une température où il se ramollit**, plus précisément où il change de constitution cristallographique, **puis à le refroidir pour qu'il prenne une conformation plus dure**. La légende raconte qu'après avoir chauffé leurs épées en acier, les forgerons de Damas les plongeaient dans le ventre d'esclaves pour les refroidir...

La structure obtenue par la trempe soudaine et, par conséquent, les caractéristiques mécaniques de l'acier,

sont nettement différentes de celles de l'état d'équilibre résultant d'un refroidissement lent.

Cette technique de recuit est également utilisée en informatique : pour trouver le chemin de longueur minimale reliant plusieurs centaines de points, par exemple la tournée d'un voyageur de commerce, on perturbe un chemin obtenu en augmentant la longueur de certains trajets, puis on recalcule à partir de cette nouvelle configuration un chemin total de longueur inférieure. On obtient ainsi une longueur de chemin que l'on compare à celle dont on est parti. Si elle est inférieure, on recommence la procédure à partir de ce chemin. **Là aussi, on désorganise le système pour l'améliorer.**

Résiliences



Les alliages à mémoire de formes plient, mais ne rompent pas

Découverts dans les années 1960, les alliages à mémoire de forme, par exemple, ceux de nickel et de titane, ont **une résilience intrinsèque**. Ils se déforment réversiblement sous le seul effet de la température. Leur secret consiste en une transition de phase de la maille cristalline, qui passe d'une forme cubique, dite austénitique, à une autre parallélépipédique, dite martensitique, quand la température diminue. **C'est la première forme qui est mémorisée**. Toute transformation mécanique de l'alliage sous sa forme martensitique est réversible : il suffit de le chauffer pour que ses cristaux reprennent leur forme initiale cubique. Plus encore, cette transition

de phase dote les alliages de propriétés de superélasticité, c'est-à-dire qu'ils supportent de façon réversible des déformations mécaniques importantes, de l'ordre de cinq pour cent. La contrainte appliquée est répartie dans la transformation des cristaux cubiques : **l'alliage ne rompt pas**. Enfin, lorsqu'on imprime à un de ces alliages en phase martensitique une forme donnée que l'on maintient pendant 20 ou 30 cycles de chauffage et de refroidissement, on oriente les défauts cristallins : la forme martensitique est alors aussi mémorisée. Au final, grâce à leurs multiples propriétés, les alliages à mémoire «se relèvent indemnes» des diverses contraintes que l'on peut leur infliger.