



Évolution et **erreurs fertiles** dans la reproduction des gènes

L'ADN contenu dans le noyau de la cellule orchestre la vie d'un animal : il détermine la synthèse des protéines de l'organisme. Lors de la reproduction, des erreurs de réplication de l'ADN, des mutations, peuvent intervenir. **Ces erreurs sont sources d'amélioration !**

Généralement, ces erreurs ne sont pas bénéfiques, mais le mécanisme introduisant des erreurs est salubre dans la mesure où il constitue une préparation à un changement possible de l'environnement. Lorsqu'intervient une modification climatique, il arrive que ces **mutations aléatoires du génome confèrent à leur détenteur un avantage adaptatif** sur ses

congénères. Les chances de survie des possesseurs de la mutation sont plus grandes, et ceux-ci, vivant plus longtemps, se reproduisent plus abondamment. Ainsi, passée au crible de la sélection, la modification se transmet. De cette façon, Darwin expliqua l'apparition et la disparition des espèces, leur apparition étant le hasard de circonstances favorables, leur disparition résultant d'un génome inadapté aux nouvelles conditions de vie, parce que trop figé. Dans cette optique, l'Évolution sacrifie l'individu à l'espèce et l'espèce à la vie. Les modifications du génome et du climat sont des attaques qui déclenchent **l'apparition des espèces animales et végétales et qui contribuent à la résilience de la vie.**

Résilience



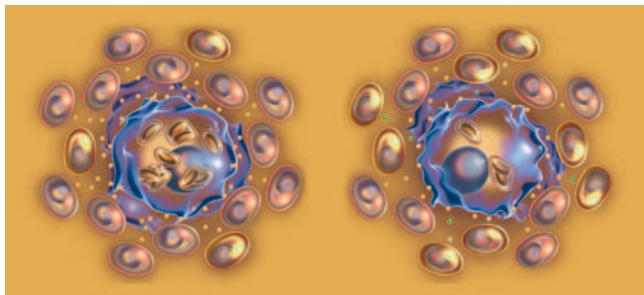
Mithridate, sixième du nom, est la **résilience faite homme**

Son enfance n'est qu'un **long conditionnement à affronter les coups du sort** dont sa vie sera ponctuée. Né en 132 avant notre ère, il fuit à 11 ans le domicile parental après la mort de son père où sa mère aurait joué un rôle. Dans la montagne où il se réfugie, il vit de chasse et s'endurcit au froid, à la faim et à la soif. Par ailleurs, il absorbe des petites doses des poisons les plus répandus à cette époque afin de s'en prémunir.

Après la mort de sa mère et de son frère, il rejoint **Sinope, la capitale du Pont, en Asie, et accède au trône. Son règne n'est qu'une suite de conquêtes et de batailles, notamment contre Rome. Les populations des premières villes, libérées du joug romain,**

l'accueillent en libérateur, mais les défaites succèdent aux victoires, et le roi se réfugie en Arménie d'où il assiste à la déchéance de son royaume et à la trahison de son fils Macharès, qui fait la paix avec les Romains. En -66, le courage de Mithridate est encore entier, mais celui de ses sujets s'émousse : ils se révoltent et couronnent son autre fils, Pharnace.

Las, le seul roi qui s'opposa avec succès à l'Empire romain, tente de se suicider. C'est quand la résilience lui fait défaut qu'elle opère : **le poison qu'il avale est sans effet. La mithridatisation est née! Seul le glaive d'un esclave emportera «le roi magnanime» qui, selon Montesquieu, «dans les adversités, tel un lion qui regarde ses blessures, n'en était que plus indigné».**



L'attaque du vaccin augmente la **résilience** de l'organisme

Deux millions de personnes meurent chaque année de la tuberculose dans le monde. Pourtant, si la vaccination n'existait pas, les méfaits de *Mycobacterium tuberculosis*, le bacille agent de cette maladie, seraient autrement plus considérables. En effet, **les vaccins augmentent la résilience des individus** face aux micro-organismes pathogènes.

Le vaccin contre la tuberculose mis au point par Calmette et Guérin au début du ^{xx}e siècle est préparé par l'épuisement progressif des bacilles. Le système immunitaire de l'organisme inoculé par ces bacilles atténués réagit en amplifiant les résistances des

cellules immunitaires qui évacuent le bacille. Lors d'une attaque ultérieure du bacille, **le système immunitaire «préconditionné» par le BCG sait mieux lutter contre l'infection.**

À la fin des années 1970, l'incidence de la tuberculose avait tant diminué dans les pays industrialisés que la question s'est posée : devait-on continuer la vaccination ? Aujourd'hui on ne vaccine que dans les pays où l'incidence de la tuberculose est élevée, mais les chiffres indiquent qu'il faudrait le faire plus efficacement.

Ainsi, une première atteinte de l'organisme a augmenté sa résilience, et le vieil adage *Si vis pacem para bellum* est toujours applicable à la lutte anti-microbienne.

Résilience

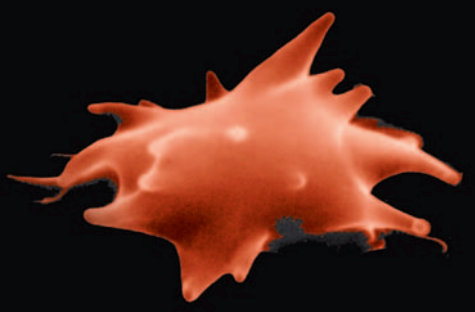


Quand un antibiotique favorise la **résilience** des bactéries

En 1941, presque toutes les souches des bactéries Staphylocoques dorés sont sensibles à la pénicilline G. En 1944, une part importante des souches hospitalières y est résistante. Plus encore, depuis 1980, des souches résistants à la méthicilline et à ses dérivés, employés à la place de la pénicilline, sont apparues et sont de plus en plus fréquemment isolées en milieu hospitalier. Ainsi, en quelques années, des populations de bactéries en contact avec un antibiotique «apprennent» à le contrecarrer. Cet exemple **illustre la résilience des populations bactériennes.** Plusieurs mécanismes expliquent cette résilience. Par exemple, les bactéries se multiplient

rapidement, jusqu'à toutes les 20 minutes pour certaines, et sont ainsi sujettes à de nombreuses mutations.

Celles-ci modifient parfois le récepteur aux antibiotiques, qui, cantonné à l'extérieur, devient inactif. Par ailleurs, des gènes de résistance, tels ceux d'enzymes qui modifient ou détruisent les molécules d'antibiotiques, portés par des plasmides (des petites molécules d'ADN circulaire), peuvent être transmis d'une bactérie à une autre. Ainsi, en présence d'un antibiotique, des bactéries résistantes apparaissent, prolifèrent et supplantent peu à peu celles qui étaient sensibles. **Au final, une population bactérienne sensible à un antibiotique devient, en sa présence, résiliente.**



Les liens entre la drépanocytose et le paludisme illustrent la sagesse populaire empreinte de fatalisme. Ces deux maladies n'ont à première vue rien de commun. La première, aussi nommée anémie falciforme, résulte d'un défaut de l'hémoglobine. Cette protéine anormale, quand elle a fixé l'oxygène dans nos globules rouges, est moins soluble et forme alors des cristaux allongés : les cellules qui l'abritent ont une forme de faucille et, fragilisées, sont détruites précocement. La seconde résulte de l'infection d'un parasite, *Plasmodium*, transmis par la piqûre d'un moustique anophèle : le micro-organisme envahit les globules rouges où il se reproduit. Pourtant,

«À quelque chose, malheur est (biologiquement) bon»

dès 1949, le biologiste J.B.S. Haldane est frappé de la concordance des cartes de distribution du paludisme et de la drépanocytose. L'explication est génétique : les individus porteurs d'un gène muté et d'un gène normal sont plus résistants au *Plasmodium* que les individus sans gène muté. Aussi, en Afrique et en Asie où le paludisme fait des ravages, ces individus ont plus de chances que les autres d'avoir une descendance nombreuse : le gène muté est maintenu dans la population. Selon une hypothèse, le parasite qui se nourrit des protéines du globule rouge ne reconnaît pas l'hémoglobine modifiée et ne peut survivre. Ainsi, une maladie protège contre une autre!

Résilience



Les grenouilles communes se reproduisent dans des mares qui s'assèchent parfois avant la métamorphose des larves. Comment résister aux aléas du climat? Des études ont montré que les larves exposées à l'assèchement se métamorphosent plus rapidement que celles qui restent dans un environnement constant. Pourtant, les mécanismes de cette transformation sont inscrits dans des gènes qui sont identiques d'une grenouille étudiée à l'autre. Ainsi, cette plasticité n'est pas génomique ; c'est la plasticité phénotypique, la capacité d'un génome à adapter la morphologie et la physiologie des individus aux fluctuations de leur milieu. Il s'agit de la source ultime

La plasticité du phénotype augmente la résilience

de la diversité biologique! Autres exemples plus proches de nous : lors d'un séjour en altitude, le nombre de globules rouges dans notre sang augmente pour compenser la raréfaction de l'oxygène ; au soleil, notre peau brunit pour résister aux rayonnements ultraviolets. Ces mécanismes qui ont été sélectionnés au cours de l'évolution confèrent aux individus — animaux ou végétaux — qui en sont pourvus une plus grande flexibilité et un moyen de s'adapter à plusieurs environnements. Là où un génome rigide serait inadapté face à une trop grande variabilité du milieu, les gènes de la plasticité phénotypique sont le support de la résilience des individus face à l'imprévu.