

boussole, le cœur, les poumons, la peau et d'autres organes ne se développeraient pas convenablement. Quand une de ces protéines est altérée chez l'homme, de graves anomalies congénitales s'ensuivent.

Bien qu'il reste encore beaucoup à comprendre sur le fonctionnement de ce système d'orientation, nos découvertes éclairent d'un jour nouveau les processus fondamentaux du développement au sein du règne animal. C'est dans les cellules épithéliales que nous comprenons le mieux comment cette boussole fonctionne. Celles-ci tapissent la surface des tissus, un peu comme les pavés d'un trottoir, formant des couches de l'épaisseur d'une cellule. Si le drap d'un lit était constitué de cellules épithéliales, les protéines que nous et d'autres avons trouvées permettraient à chacune d'entre elles de sentir lequel de ses côtés est le plus proche de la tête ou du pied du lit.

Des gènes évoluant depuis plus de 500 millions d'années

Les organismes dont les cellules ont une boussole bénéficient d'un avantage évolutif : leurs tissus n'ont pas besoin d'être symétriques dans toutes les directions. Certaines parties peuvent se spécialiser. Par exemple, dans l'oreille, l'orientation de la touffe ciliaire des cellules auditives – des groupes de minuscules poils qui vibrent à certaines fréquences – est indispensable à l'activation de ces cellules, et les touffes ciliaires sont ainsi toutes orientées de la même façon (voir la figure page 69). Les scientifiques désignent l'asymétrie de ces couches tissulaires sous le nom de polarité planaire, car le tissu peut alors être vu comme une surface comportant deux pôles opposés (l'adjectif « planaire » est ici un néologisme, car en français, ce terme est un nom féminin se référant à des vers plats aquatiques).

Lorsque le vivant invente un outil qui fonctionne, il le garde. À l'instar des gènes codant nombre de protéines régulatrices, ceux qui codent les protéines de polarité planaire sont très similaires chez des espèces pourtant très éloignées d'un point de vue évolutif. Par exemple, les versions que l'on trouve chez les mammifères ressemblent à celles découvertes chez les insectes. La présence

de ces gènes chez des espèces aussi distantes témoigne de leur ancienneté : ils évoluent depuis plus de 500 millions d'années.

■ LES AUTEURS



Paul ADLER est professeur de biologie à l'université de Virginie, aux États-Unis.

Jeremy NATHANS est professeur de biologie moléculaire, génétique, neurosciences et ophtalmologie à l'école de médecine de l'université Johns Hopkins, aux États-Unis. Il est aussi chercheur à l'institut médical Howard Hughes.

Les mutations de chacun de ces gènes produisaient une série de volutes évoquant les coups de pinceau de Van Gogh

Une grande partie de ce que nous savons de la polarité planaire provient d'études menées sur des insectes à partir du milieu du XX^e siècle. Pour plus de commodité, ces expériences se sont concentrées non pas sur leurs organes internes, mais sur leur squelette externe ou cuticule, plus accessible et présent chez la plupart des insectes adultes.

La cuticule est sécrétée par une couche plus molle de cellules épidermiques située juste en dessous. Au microscope, elle révèle un paysage bien ordonné de crêtes et d'écaillés, parsemé de divers poils à intervalles réguliers. Certaines de ces protrusions, nommées sensilles, sont sensibles aux changements de pression ou à des substances chimiques et aident ainsi les insectes à réagir à leur environnement. Le point important est que quasiment chaque sensille est parallèle à ses plus proches voisines, si bien que toutes leurs extrémités ont tendance à pointer dans la même direction. Sur les ailes, les poils sont orientés vers l'extérieur. Sur le corps lui-même, ils pointent à l'opposé de la tête. Comme les parois d'un tube neural en formation, les cellules qui produisent ces poils (chaque poil est issu d'une cellule) semblent distinguer l'avant et l'arrière de l'animal. Elles perçoivent aussi quel côté est plus proche (proximal) ou plus distant (distal) des autres tissus.

Mieux, les cellules partagent ces informations directionnelles avec leurs voisines. C'est ce qu'ont montré Peter Lawrence de l'université de Cambridge, en Angleterre, Michael Locke de l'université de Western

Ontario, au Canada, et d'autres au cours d'une série d'expériences pionnières menées il y a plus de 40 ans. Ces biologistes ont découpé de minuscules carrés de la couche épidermique qui sécrète l'exosquelette chez deux espèces de punaises – des réduves (genre *Rhodnius*) et des punaises de l'asclépiade (genre *Onco-peltus*). Puis ils ont tourné les carrés de 180 degrés et les ont réimplantés dans l'épiderme de l'abdomen de chaque insecte hôte.

On s'attendait à ce que les sensilles à la surface du greffon pointent dans la direction opposée à celle de leurs congénères alentour. Or, à la mue suivante, lorsque les insectes se sont débarrassés de leur ancien exosquelette et en ont synthétisé