

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite
de biologie évolutive
à Sorbonne Université,
à Paris

LA CURIEUSE RENCONTRE DE L'OURSIN ET DU PANCRÉAS

Si l'oursin est dépourvu de pancréas, une population de neurones de sa larve ressemble étrangement à nos cellules pancréatiques... Cette découverte pourrait révolutionner l'embryologie.

En regardant le corps hérissé de l'oursin, difficile d'imaginer que cet échinoderme est l'un des animaux de prédilection des biologistes du développement. Et pourtant, l'animal présente toutes les qualités requises : la fécondation de l'œuf, externe, est facile à réaliser en laboratoire. De plus, son embryogénèse est rapide : l'œuf fécondé devient une larve en quelques jours. Enfin et surtout, cette larve, nommée «*pluteus*», est transparente : c'est un minuscule organisme planctonique, facile à manipuler et à observer. Dès la fin du XIX^e siècle, l'oursin est ainsi devenu un animal modèle clé en biologie du développement. Et c'est encore lui qui, aujourd'hui, pourrait modifier considérablement notre vision de l'embryologie.

Cette vision, l'oursin lui-même a grandement contribué à la forger. En effet, après avoir découvert l'intérêt

exceptionnel de cet animal dans les années 1870, l'école allemande d'embryologie a esquissé, en l'étudiant, une feuille de route pour l'étude du développement, laquelle est toujours d'actualité. En cinquante ans, Oscar Hertwig, Hans Driesch, puis Hans Spemann et Hilde Mangold ont décrit avec précision la fécondation, puis l'indépendance des premières cellules de l'embryon et, enfin, l'existence d'une zone de l'embryon qui orchestre son organisation.

Le cahier des charges des embryologistes était alors écrit : suivre chaque lignée cellulaire de l'embryon (la succession des divisions à partir d'une cellule mère) et comprendre comment ces lignées s'organisent en feuillet (décrits dès le XVIII^e siècle chez le poulet), puis en tissus et organes. Et, aujourd'hui encore, si les outils ont changé, l'objectif est resté le même : depuis la fin du XX^e siècle, grâce aux avancées en microscopie et biologie moléculaire, les biologistes du développement décodent les mécanismes moléculaires qui contrôlent ce processus chez des organismes variés. Or tout récemment, en étudiant l'expression des gènes



Les oursins pourpres vivent sur la côte ouest de l'Amérique du Nord, où ils peuplent le fond marin sous la zone de balancement des marées, dans les forêts de kelp.



Hervé Le Guyader a récemment publié : **Biodiversité, le pari de l'espoir**, (Le Pommier, 2020).

La larve *pluteus* des échinodermes, dont font partie les oursins, est un petit organisme planctonique transparent dont l'anatomie est bien connue, ce qui autorise la reconnaissance des cellules à l'aide de sondes fluorescentes. L'oursin se métamorphose dans la larve et s'en libère en la digérant.

Nommée « test », l'enveloppe des oursins est une structure minérale constituée de plaques de calcite, une forme particulière de cristallisation du carbonate de calcium. Il en est de même pour leurs piquants, les « radioles ».

EN CHIFFRES

16 500

Le génome de l'oursin pourpre compte 814 millions de paires de bases et 23 300 gènes, dont 16 500 s'expriment au cours du développement. Depuis les années 2000, des biologistes retracent les réseaux de régulation que construisent ces gènes activés.

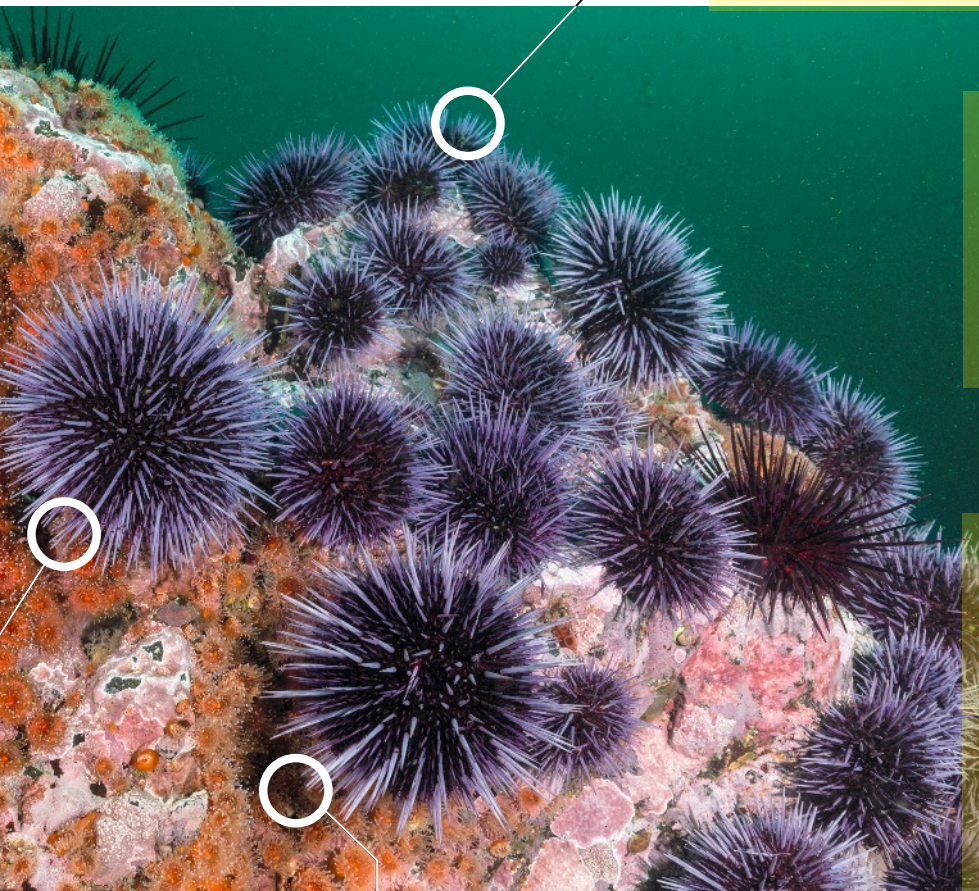
19 699

Récemment, l'équipe de Maria Arnone a étudié les profils d'expression des gènes de 19 699 cellules isolées à partir de la larve de l'oursin pourpre, le *pluteus*. Elle a par ailleurs identifié chacun des 15 578 gènes exprimés. Ces profils d'expression ont révélé que ces cellules ne forment que 21 groupes différents, dont 12 rassemblent des neurones.

520

MILLIONS D'ANNÉES

L'ancêtre hypothétique commun des échinodermes et des chordés, qui comprennent les vertébrés, vivait probablement il y a 520 millions d'années, soit quelque 10 millions d'années après l'explosion cambrienne, l'apparition, en une dizaine de millions d'années, de la plupart des embranchements des organismes pluricellulaires.



Les oursins se déplacent sur les fonds marins sur leurs radioles, articulés à leur base.

de chaque cellule du *pluteus* de l'oursin pourpre, Maria Arnone, de la station zoologique Anton-Dohrn, à Naples, et ses collègues, ont montré que certains neurones de la larve sont étonnamment similaires à des cellules pancréatiques des vertébrés. L'explication de ce phénomène pourrait donner une toute nouvelle dimension à l'embryogenèse et bouleverser la feuille de route des embryologistes.

DES RÉSEAUX DE GÈNES

Pour comprendre cette découverte, un concept est essentiel: celui de réseau de régulation génétique, ou GRN, proposé sous l'impulsion décisive d'Eric Davidson, à l'institut de technologie de Californie, à

Pasadena, dans les années 2000. Ce dernier a constaté que l'embryologie d'un organisme est, à chaque instant, contrôlée par des changements progressifs de l'état général de la régulation génétique des différentes régions de l'organisme en développement.

À chaque instant, le profil d'expression des gènes dans chaque région change sous l'impulsion de régulations issues d'autres régions, régulations elles-mêmes produites par l'expression de gènes dans d'autres régions encore. Comme les gènes mis en cause se régulent les uns les autres et comme chaque gène régulateur répond à de multiples facteurs et régule de multiples gènes, la carte complète de l'ensemble de ces interactions a la forme d'un réseau (voir l'encadré page 94). Eric Davidson s'est alors attelé à décrire les réseaux génétiques de régulation qui président au développement de l'oursin pourpre et il a eu l'idée géniale de les présenter comme des circuits logiques, en se focalisant sur les interactions activatrices ou inhibitrices des gènes.

Eric Davidson a ainsi fait émerger une structuration *a priori* non évidente, valide pour tout embryon. Les GRN sont modulaires et hiérarchiques: les modules qui contrôlent les étapes initiales du développement sont au sommet de cette hiérarchie, ceux qui contrôlent les processus intermédiaires de la subdivision spatiale

Oursin pourpre
(*Strongylocentrotus purpuratus*)
Taille: 5 à 10 cm (sans les piquants)
Taille de la larve *pluteus*:
env. 500 µm de long