

# Métamorphoses

---

Jean Gascuel

« Souffles vitaux et formes corporelles ne sont qu'apparences. Le commencement de la création et des métamorphoses, les transformations du Yin et du Yang s'appellent respectivement naissance et mort. »

Lie Tseu, *Traité du vide parfait*

## *Commencement...*

Pour un biologiste du développement, le commencement évoque l'ensemble des mécanismes qui s'étendent depuis la fécondation jusqu'à la naissance voire – en ce qui concerne les mammifères dits supérieurs – assez longtemps après cette dernière.

Plusieurs phénomènes se succèdent et se superposent dans le temps. Pour passer d'un ovule fécondé à un organisme parfaitement adapté à la survie dans son environnement, l'ovule fécondé va se multiplier

donnant naissance dans un premier temps à toute une descendance de cellules apparemment identiques. Tout en se multipliant les cellules vont se déplacer les unes par rapport aux autres pour former les premières ébauches d'organes embryonnaires. Chez certains organismes primitifs, par exemple des vers tels que *Caenorhabditis elegans*, un véritable arbre généalogique peut être dressé où l'on peut représenter, au fur et à mesure des multiplications cellulaires, l'origine (le lignage) de chaque cellule du corps de l'animal. Telle cellule provient de la division de telle cellule qui elle-même... Au cours de ce phénomène de divisions, les cellules vont passer d'un état de *totipotence* à un état de cellule *déterminée*, puis *différenciée*. La *totipotence* signifie que chacune des cellules est à ce stade identique à ses voisines et pourrait donner naissance à elle seule à un nouvel organisme. L'illustration par excellence de cet état de totipotence est représentée par les vrais jumeaux qui sont issus d'un clivage de l'embryon initial à un stade où toutes les cellules sont encore identiques et conservent les mêmes potentialités.

Les multiplications cellulaires permettent l'augmentation du nombre de cellules et la croissance de l'embryon. Après un certain nombre de ces multiplications cellulaires et alors même que le processus

de multiplication se poursuit, un phénomène appelé « détermination » survient au cours duquel le destin de chaque cellule ou lignée cellulaire se précise progressivement. Aucun retour en arrière n'est possible chez les animaux sauf pathologie (cancer), ou manipulations expérimentales.

La *différenciation* est l'étape qui suit la détermination et pendant laquelle le choix fait lors de la *détermination* s'exprime : la cellule acquiert des propriétés qui en feront une cellule de foie, de muscle ou un neurone. En parallèle, les processus d'organogenèse et de morphogenèse par le biais de mouvements des populations cellulaires verront se mettre en place les organes et la forme générale du corps propre à chaque espèce. Paradoxalement, en même temps que le nombre de cellules s'accroît globalement, beaucoup de cellules meurent selon un phénomène que l'on appelle *apoptose*. Le développement n'est donc pas uniquement un phénomène de création de nouvelles cellules mais aussi un processus d'élimination de cellules existantes. Cette association d'une part de formation de nouvelles cellules et d'autre part de destruction de cellules existantes au cours du développement est particulièrement bien illustrée dans le cas du système nerveux où l'on parle de mort neuronale. Dès la fécondation, les processus de naissance et de mort sont donc profondément associés.

Ce processus, simplifié ici à l'extrême, n'est pas toujours aussi linéaire. À plusieurs reprises, l'évolution a « bricolé » une variante tout à fait étonnante, la métamorphose.

### *Métamorphose...*

En biologie la métamorphose est la transformation d'un organisme (une larve) ayant une forme, une physiologie, un comportement, en un autre organisme (un adulte) ayant acquis une autre morphologie, une nouvelle physiologie adaptée à un nouveau milieu de vie dans lequel l'adulte est amené à vivre. L'adulte acquiert une maturité sexuelle que la larve ne possédait pas. Il existe parfois des exceptions comme chez les insectes où la forme larvaire peut acquérir une maturité sexuelle. On parle de formes « néoténiques » comme par exemple le ver luisant qui n'est qu'une larve de coléoptère capable de se reproduire sans réaliser de métamorphose. On trouve des espèces à métamorphose dans différents groupes zoologiques dont les plus connus sont évidemment les amphibiens (grenouilles) et les insectes.

Chez les insectes par exemple, l'adulte a souvent une durée de vie beaucoup plus courte que sa larve. La cigale ne survit que quelques semaines en été alors que sa larve passe au moins deux ans sous terre à se nourrir de raci-

nes. Et la durée de cette vie souterraine peut atteindre 17 années pour certaines espèces d'Amérique du nord.

La métamorphose est contrôlée par des facteurs hormonaux dont l'activation est programmée par des gènes dans le cadre d'un programme de développement propre à chaque espèce. Les insectes sont des espèces à squelette dit externe c'est-à-dire que c'est leur carapace qui donne sa rigidité à leur corps. Il faut imaginer un chevalier dont le seul squelette serait son armure. Ceci a une conséquence fondamentale en termes de développement : pour grandir il faut changer d'armure. Ce changement de squelette externe porte le nom de mues. Au cours de ces mues, une nouvelle carapace plus grande et souple se forme et se rigidifie après que la larve se sera débarrassée de l'ancienne carapace et aura atteint la taille propre à son stade. Le nombre de stades larvaires est propre à chaque espèce et chaque mue est contrôlée par deux hormones qui agissent ensemble. La première déclenche les mues, la seconde contrôle la nature de la mue. Cette dernière porte le nom d'hormone « juvénile » car, si elle est présente, la mue donnera naissance à une nouvelle larve de forme identique à la précédente. Si elle est absente la métamorphose se réalisera donnant naissance à un insecte adulte.

De multiples formes de métamorphoses existent. Nous nous limiterons donc aux plus spectaculaires, les

métamorphoses complètes des insectes holométaboles tels que les papillons, les mouches, les coléoptères et les hyménoptères. Le plus surprenant dans la métamorphose est qu'un papillon diffère finalement plus de sa propre chenille que d'un autre papillon appartenant à une espèce différente. Cela semble une évidence, mais combien d'entre nous sauraient reconnaître la filiation si on présentait côte à côte une cigale et sa larve ? Ne prétendrions-nous pas que les deux organismes appartiennent à des espèces différentes ?

De même entre la libellule et sa larve aquatique et carnivore.

Il fallut attendre 1668 pour que Redi, médecin Italien, mette fin à l'idée de génération spontanée et fasse le lien entre les asticots qui corrompent la viande et les mouches, entre les chenilles qui gâtent les fruits et les papillons, confirmant ainsi les suggestions d'Homère : « J'ai terriblement peur que, pendant ce temps-là, les mouches n'entrent dans le corps du vaillant fils de Ménéceios, à travers les blessures ouvertes par le bronze, et n'y fassent naître des vers. »<sup>1</sup>

---

1. Homère, *Iliade*, chant XIX, vers 23-27, texte établi et traduit par P. Mazon et al., coll. Budé, Paris, Les Belles Lettres, 1945, p. 4.

Au cours de la métamorphose tout se modifie donc : le régime alimentaire (la chenille mangeait des feuilles, le papillon boira du nectar des fleurs), le mode de locomotion (la chenille rampait, le papillon volera), la chenille était asexuée, le papillon se reproduira.

Prenons un autre exemple : la chenille et le papillon. Issu de l'œuf, la chenille est le résultat de processus finalement assez semblables à ceux que nous venons de décrire, et qui conduisent à l'embryogénèse de la plupart des animaux. La chenille poursuit sa croissance au travers de quelques mues. C'est une fois atteinte une certaine taille que la métamorphose va se réaliser.

La chenille interrompt alors sa marche, s'immobilise, se dissimule dans son cocon. Tous les organes larvaires sont détruits, dissous, lysés plus exactement. Sa peau, son système digestif, ses muscles, la grande majorité de son système nerveux fondent et s'évanouissent. Seule subsiste, comme une coque, la mue larvaire.

D'où vient alors le papillon ? La chenille porte en elle (comme en germe), de stades larvaires en stades larvaires, les quelques cellules (les disques imaginaux) localisées à certains endroit précis de son corps. Ces cellules ont traversé toutes les phases de croissance de la chenille, inertes, à l'état de cellules *indifférenciées* mais

*déterminées* qui vont, se multipliant et se différenciant, en l'absence d'hormone juvénile, former les organes du futur papillon. Comme rien ne se perd jamais, la destruction massive des organes larvaires fournira le matériau et l'énergie nécessaires à la genèse du nouvel organisme.

Le système nerveux – et en particulier le cerveau – n'échappe pas à ces bouleversements. C'est peut-être même cet organe qui alimente le plus, aujourd'hui, le mystère de la métamorphose. Car si l'on stimule avec une odeur artificielle la chenille au cours de sa vie larvaire, une fois adulte, le papillon aura une attraction très nette vers cette odeur. Par conséquent, une mémoire sensorielle persiste et se transmet de la larve à l'adulte. Quel peut être le substrat biologique de cette mémoire olfactive si, au cours de la métamorphose, le cerveau est reconstruit de fond en comble ? Les recherches montrent que, s'il est vrai que la plus grande part du cerveau disparaît, quelques neurones (cellules du système nerveux) – subsistent malgré tout, se mêlent aux nouveaux, modifiant leurs formes, adoptant d'autres fonctions. Ces neurones pourraient - mais ce n'est pas prouvé - représenter le support biologique à la transmission de la mémoire sensorielle observée. Toutefois, alors même que les bases neurobiologiques de la mémoire en général ne sont pas totalement

élucidées, cette transmission mnésique au travers de la métamorphose représente certainement l'ultime défi que la métamorphose lance au biologiste.

Mais, pour étonnante qu'elle soit, la métamorphose, ne se limite pas à une curiosité biologique. Elle interroge le scientifique au-delà de sa propre science, résonne en lui d'une manière particulière. De quoi la métamorphose est-elle aussi le symbole ? La métamorphose au travers des différents phénomènes biologiques que nous venons de décrire, représente tout à la fois le dissimulé qui se révèle, la projection du passé dans l'avenir, la possibilité d'une renaissance sous une forme différente. C'est encore et surtout la symbolisation de l'existence en soi d'une potentialité qui peut/qui doit s'exprimer, et enfin d'une mémoire qui se transmet et dont on ne comprend pas l'origine. Comment s'étonner alors de la prégnance des représentations liées à la métamorphose dans la psyché humaine depuis la plus haute antiquité puisque tous les ingrédients semblent réunis pour alimenter le mythe, stimuler l'imaginaire et incarner des concepts psychologiques, ou religieux.