

LA  
DANSE  
de la Vie



Magdalena Zernicka-Goetz  
Roger Highfield

LA  
DANSE  
de la Vie

De la cellule à l'être humain

Traduit de l'anglais par  
Julien Bambaggi

DUNOD

Copyright © Magdalena Zernicka-Goetz and Roger Highfield, 2020  
First published as THE DANCE OF LIFE by WH Allen, an imprint  
of Ebury Publishing. Ebury Publishing is part of the Penguin Random  
House group of companies.

Copyright © Magdalena Zernicka-Goetz and Roger Highfield, 2020  
L'édition originale de cet ouvrage a été publiée sous le titre *The dance of life*  
par WH Allen, une filiale d'Ebury Publishing. Ebury publishing fait  
partie du groupe Penguin Random House.

Couverture : Élisabeth Hébert

Image de couverture : © 123 RF

Relecture scientifique de la traduction : Jean Foucier

Relecture éditoriale : Laurent Brasier

© Dunod, 2020 pour la traduction française  
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff  
[www.dunod.com](http://www.dunod.com)  
ISBN 978-2-10-080873-1

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

*Pour ces millions de personnes qui,  
sans la compréhension scientifique de la danse  
de la vie, ne seraient pas là. Pour les millions d'autres  
qui cherchent à se lancer dans une nouvelle danse.  
Pour nos parents – sans votre soutien et votre ADN,  
nous n'aurions pas réussi. Et aussi pour nos proches.  
Comment avez-vous fait pour nous supporter?*



## Prologue

# La conception

Qu'y a-t-il de plus fascinant que la manière dont nous façonnons nous-mêmes entièrement notre corps et notre esprit? L'amorce et le développement d'une vie nouvelle est l'un des plus grands mystères de la biologie – et pourtant, nous sommes tous passés par là.

Nous connaissons le début de l'histoire : une cellule solitaire – l'œuf fécondé, ou zygote – se divise en une famille soudée de cellules d'allure semblable. Mais, vu sous l'angle des gènes et des cellules, le développement peut suivre différentes voies. Tout comme la création des tissus et des organes, dont les formes gagnent en complexité à une vitesse telle que, paradoxalement, la recherche sur les origines de la vie humaine peut donner l'impression d'aboutir à une impasse.

Mais songez plutôt à la question de la création en ayant à l'esprit le mal que nous avons ne serait-ce que pour accorder nos emplois du temps pour se retrouver entre amis le samedi soir : sous cet angle, la façon dont un embryon – une cellule unique sans cerveau – s'organise, se débrouille pour se diviser et croître jusqu'à devenir l'être sensible le plus complexe que nous connaissions, est tout simplement extraordinaire.

Le développement de l'embryon humain paraît plus étrange encore comparé aux objets de notre vie quotidienne qui sont souvent des assemblages d'éléments simples, immuables, depuis les briques de Lego® jusqu'aux puces et autres composants électroniques. La souplesse vient de leur conditionnement : le bois est disponible sous forme de planches, de chevilles ou de portes; le métal sous forme de clous, de charnières ou de vis; et ainsi de suite. Mais notre corps est davantage

qu'une collection de simples composants élémentaires : ces derniers se caractérisent aussi par leur plasticité. Ils peuvent changer de rôle, se différenciant de leurs cellules parentes – les cellules souches – pour donner des cellules osseuses, musculaires, nerveuses et autres.

Pour former un corps humain, il faut environ 37,2 milliers de milliards de cellules – trois cents fois plus que le nombre d'étoiles de notre galaxie – et l'on a cru qu'elles présentaient environ deux cents types élémentaires, depuis les cellules nerveuses jusqu'aux cellules de la peau<sup>1</sup>. Or, toutes possèdent la même information génétique; les différences viennent de ce que différentes parties de cette information s'y expriment (les gènes) ; autrement dit, elles résultent de la gamme de protéines formées pour assurer la construction et le fonctionnement de chaque cellule. Chaque « mélodie » particulière jouée sur le génome aboutit à un répertoire différent de protéines et à un type de cellule.

Les cellules nerveuses « jouent » une musique spécifique composée en puisant parmi les vingt mille gènes, tandis que les cellules qui composent l'estomac en jouent une autre sélectionnée à partir de cet ensemble originel, et ainsi de suite. Grâce aux nouvelles technologies qui permettent de lire le code génétique d'une cellule individuelle, nous savons désormais qu'il y a en réalité plusieurs *centaines* de sortes de cellules différentes dans le corps humain<sup>2</sup>. Une telle diversité obtenue à partir de quelques cellules qui paraissent identiques, c'est tout simplement stupéfiant ! Pour bien comprendre ce qu'il y a d'extraordinaire dans l'origine de chacun de nous et dans le processus d'auto-organisation de l'embryon, imaginons que nous construisions une maison de la même manière que notre corps se construit lui-même.

Pour commencer, nous n'avons de plan d'aucune sorte pour bâtir notre corps. Pas de projet, de dessin d'architecte, ni de croquis. Il y a bien des instructions mais, si elles agissaient de la même façon que les vingt mille gènes servant à construire notre corps, il n'y aurait aucun lien évident entre elles et l'allure finale de notre maison, exactement pour les mêmes raisons qu'il n'y a aucun lien évident entre la recette de cuisine et l'aspect du gâteau.

Pas de chef de projet ou de chef de chantier pour superviser l'ensemble de la construction. Ni d'ouvriers. Pas l'ombre d'un marteau,



d'une truelle ou d'un pinceau. Parce que c'est la maison qui se construit elle-même, tous les éléments qui la composeront se répartissent la responsabilité du travail.

Comme si cette idée de composants assumant la responsabilité collective de leur propre assemblage n'était pas déjà assez étrange, pour construire une maison de la même façon que nous construisons notre corps, il nous faudrait en plus commencer avec un seul composant de base – une brique. Et, dans la mesure où la maison se construit toute seule, cette brique se transformera en toutes sortes de matériaux nécessaires à la construction – bois, clous, verre, plâtre, etc.

Cette autoconstruction doit se réaliser en neuf mois précisément, pas plus, pas moins. Le rythme de travail et la coordination sont essentiels, mais, sur le chantier, point de montre, point d'horloge! Au bout des sept premiers jours, une des variétés de composants élémentaires s'est transformée pour donner naissance à trois types de constituants de base, la structure moléculaire s'auto-organisant de différentes façons. Une semaine plus tard, l'abri de l'embryon commence à poser ses propres fondations en creusant le sol (en réalité, la paroi de l'utérus), là où il va se relier lui-même à l'infrastructure locale.

À cette étape, la maison de l'embryon ne ressemble en rien à ce qu'elle va devenir. Certaines variétés de composants de base vont s'autodétruire, peut-être parce qu'elles ont rempli leur mission, tandis que d'autres vont se diversifier en de nombreuses sous-variétés. Un origami complexe s'organise lui-même cependant que ses constituants se mêlent et se disposent tout seuls en fonction de leur situation individuelle. À l'inverse d'une maison, la structure tout entière reste en état de marche – en d'autres termes, reste vivante – du début à la fin du processus de construction.

Bref, la façon dont le corps se construit lui-même est curieuse, étrange, carrément extraterrestre!

## Mes recherches

J'essaye de comprendre la nature de nos origines sans me concentrer sur l'histoire de notre évolution, mais sur une vie individuelle qui commence lorsqu'un spermatozoïde féconde un ovule et que, de cette union, naissent des divisions. Pendant des années, j'ai rêvé de pouvoir

suivre la route empruntée par chaque cellule d'un embryon vivant, depuis sa naissance jusqu'à ce que son sort soit prononcé, ou qu'elle meure – cela se produit pour certaines cellules, comme si elles faisaient de la place pour permettre à d'autres de les remplacer –, en passant par les détails complexes de sa vie.

Dans mon laboratoire, nous nous concentrons sur l'aube de la vie. Nous surveillons la façon dont l'ovule est fécondé et la manière qu'il a de se diviser pour donner naissance à une communauté de cellules qui changent de forme, se divisent, se déplacent vers de nouvelles destinations et communiquent entre elles à l'aide de signaux chimiques ou mécaniques. Pour comprendre le voyage de chaque cellule et la manière qu'elle a de se coordonner avec celles qui l'entourent afin d'amorcer la création d'un corps, d'une vie, nous utilisons des techniques particulières qui révèlent le monde invisible de l'embryon.

Nous savons aujourd'hui filmer ce développement. Mais, auparavant, nous cherchions à « colorer » les cellules avec des teintures spéciales, ou à les marquer avec des billes microscopiques, pour en faire des points étincelants de couleur qu'on puisse distinguer les uns des autres afin de visualiser le chemin emprunté pour former un embryon. De nos jours, nous pouvons aussi utiliser des marqueurs moléculaires pour identifier les cellules, décortiquer leur fonctionnement jusqu'au niveau des gènes, des protéines et autres constituants moléculaires. Nous tentons d'établir la manière dont l'embryon se bâtit lui-même afin de comprendre un jour comment nos organes se constituent et comment apparaissent des défauts de naissance ; le but est de fournir en fin de compte des procédures correctives pour restaurer les bonnes fonctions.

Pendant cette première phase de développement, la minuscule tribu de cellules qui formaient un amalgame de briques élémentaires d'apparence semblable est devenue une structure où l'on peut distinguer une face avant bien définie, un arrière, un haut, un bas. Bien qu'il ne s'agisse que de l'amorce d'une vie, les processus en jeu sont essentiels. Les mécanismes que l'on peut déjà voir à l'œuvre sont ceux qui façonneront le développement du corps et du cerveau.

Les études de mon équipe se sont concentrées sur les premiers chapitres de l'histoire d'une vie toute nouvelle. Mais de nombreux autres chercheurs

ont étudié les chapitres suivants. Par exemple, avant deux mois, le cœur présente ses quatre chambres caractéristiques<sup>3</sup>. Après environ cinq mois, tout le groupe des cellules se met en mouvement. Pendant le troisième trimestre, le cortex cérébral subit une spectaculaire augmentation de sa surface et de ses replis<sup>4</sup>. Vers sept mois, le fœtus est capable de traiter des informations sensorielles comme le son<sup>5</sup>. Vers neuf mois, le groupe de cellules s'est tellement diversifié, est devenu si grand et si complexe qu'il commence à respirer par lui-même et s'insère dans un monde grouillant de sons peu familiers, de lumières vives et de sensations fortes.

À l'âge adulte, il est question de dizaines de milliers de milliards de cellules d'un centième de millimètre<sup>6</sup>. Si chaque cellule avait la taille d'un humain, le corps adulte mesurerait plus de 300 kilomètres de la tête aux pieds. Du point de vue de la cellule sans doute la plus importante, le zygote, la chorégraphie qui mène à ce groupe de cellules, énorme mais organisé de façon complexe, est tout simplement stupéfiante : comment font toutes ces cellules dépourvues de cerveau pour coordonner leurs actions afin de créer un être sensible ?

Mon intérêt pour l'étude des prémisses de cette odyssée cellulaire relève pour beaucoup de la pure curiosité, caractéristique de tout scientifique, de la soif de comprendre comment nous en sommes venus à exister et par quelle voie extraordinaire nous nous sommes construits nous-mêmes. Mais ce n'est pas la seule raison : cette connaissance peut ouvrir la voie au développement de nouveaux tests et traitements susceptibles de s'attaquer aux véritables problèmes qui affectent la vie des gens. Je ne pense pas que nous devrions être définis par notre genre, mais plutôt par l'empreinte que nous laissons sur le monde. Cela dit, si je suis scientifique, je suis aussi femme et mère, et j'ai découvert de première main qu'il nous faut une compréhension plus profonde et plus large des détails du développement humain.

### **Les limbes de la création**

Jusqu'ici, nous avons considéré la création d'une nouvelle vie du point de vue de l'être humain, ce qui permet aux scientifiques d'interpréter le comportement des cellules dans un embryon en développement, apportant ainsi leur soutien aux praticiens qui aident les

couples infertiles à avoir un enfant, et aussi aux médecins pour qu'ils s'y retrouvent dans une multitude de maladies et conçoivent des traitements pour certaines d'entre elles.

Mais la danse de la vie s'inscrit dans un contexte bien plus large, dans lequel la chorégraphie d'un être vivant s'exprime dans les termes les plus élémentaires – l'espace et le temps qu'il occupe ; les éléments de matière avec lesquels il est construit ; la façon dont il réagit à l'information transmise d'une génération à l'autre ; et la création de ruptures de symétrie pour modeler des formes.

Si nous replaçons la danse dans le contexte le plus large, l'espace-temps nécessaire à créer un corps est apparu, comme nous le savons aujourd'hui, avec le Big Bang il y a quelque 13,8 milliards d'années. Avec le refroidissement de l'Univers qui a suivi, les conditions devinrent précisément adaptées pour qu'apparaisse la matière nécessaire à la vie, mais aussi de tout ce qu'il faut pour nous construire.

Vous, moi, le monde existe parce que, au moment de la création, les choses se sont passées de travers. Pendant le refroidissement de l'Univers, particules et antiparticules se sont annihilées par paires, mais une certaine asymétrie entre matière et antimatière a fait qu'une minuscule fraction de la matière – de l'ordre d'une particule sur un milliard – a réussi à demeurer. Sans cette violation de la symétrie proche du moment de la création, il n'y aurait rien d'autre dans l'Univers que l'énergie restante.

Mais, pour qu'une nouvelle vie s'amorce, il faut des types de matière bien précis. Chacune de nos cellules contient cent mille milliards d'atomes, depuis les éléments légers apparus après le Big Bang jusqu'aux plus lourds, forgés au cœur des étoiles lors de la collision d'étoiles à neutrons ou d'autres événements cosmiques violents<sup>7</sup>. Pour que nos corps soient fonctionnels, les atomes que nous avons reçus en héritage de l'Univers doivent être dans la bonne quantité, de la bonne sorte et doivent être rangés d'une façon précise. En d'autres termes, pour créer la vie, il nous faut aussi l'information nécessaire pour créer le corps.

Les premières idées sur les instructions régissant le vivant viennent du physicien Erwin Schrödinger qui, en 1943, a émis l'hypothèse que

le corps contenait un « code-script » modelant entièrement le développement futur de l'individu. Ce code n'est pas un plan, ce qui suggérerait une organisation statique des atomes, mais une information héréditaire pour créer un corps vivant dynamique et complexe.

Schrödinger a exprimé ses idées dans un livre : *Qu'est-ce que la vie? De la physique à la biologie\**. Certains scientifiques l'ont critiqué<sup>8</sup> (« C'est davantage de la fiction que de la science »), mais sa pensée en a inspiré de nombreux autres, entre autres Francis Crick et Jim Watson, qui ont découvert la structure moléculaire de ce code-script – l'ADN – en 1953, dans leur laboratoire de l'université de Cambridge, découverte bâtie sur les études en rayons X de Rosalind Franklin et Maurice Wilkins à Londres<sup>9</sup>. Dans les courbes et les replis de la double hélice sont tapis de nombreux secrets sur notre héritage, en particulier les gènes qui contrôlent le développement.

La double hélice peut se défaire par le milieu, chaque brin pouvant servir de modèle pour un autre, permettant à l'information de l'ADN de se transmettre à travers les générations. Bien que les éléments nécessaires à la fabrication de l'ADN soient présents dans les résidus des explosions d'étoiles, l'ordre des lettres dans le code génétique est une combinaison d'instructions qui se transmet à travers les générations, et que nous pouvons transmettre à nos propres enfants.

Tout ce qui vit sur Terre est formé des maillons d'une chaîne d'informations codées dans la molécule d'ADN, capable de se répliquer et qui s'est elle-même multipliée sur notre planète depuis quelque quatre milliards d'années. Peut-être les premières réplifications de la vie naissante ont-elles eu lieu dans les événements hydrothermaux des dorsales océaniques, facilitées par les acides aminés provenant de la croûte océanique<sup>10</sup>. Mais il y a de nombreuses théories et, en fin de compte, il s'agit là d'une autre lisière floue de la grande histoire de la vie : cela renvoie au mystère de l'apparition de l'ADN, capable de se répliquer, enclenchant ainsi des instructions dont l'évolution a donné la foisonnante vie sur Terre,

---

\* L'édition originale du livre est parue en 1944 en anglais sous le titre : *What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell*. Traduction française de Léon Keffler – Éditions du Seuil. (N.d.T.)

depuis les êtres unicellulaires dépourvus de forme jusqu'à la profusion d'êtres multicellulaires qui nous entourent.

Mais la vie possède une autre dimension. Les instructions de l'ADN que nous transmettons à nos enfants ne contiennent pas de projet précis, comme un plan d'architecte, mais une recette permettant aux ingrédients de s'auto-organiser d'une façon remarquablement cohérente. Ces instructions apportent leur contribution durant les premiers jours, initiant un processus où l'ovule fécondé se divise et se transforme tellement qu'il a fallu attribuer à ces premières phases de la vie de l'embryon des mammifères des noms différents : zygote, morula, blastocyste, pour finir par l'embryon proprement dit.

Comme le cosmos, nos vies sont façonnées par la symétrie et ses violations, depuis de subtiles inclinations au sein d'une cellule individuelle jusqu'à l'établissement d'un axe dans un groupe de cellules autour duquel s'organise l'embryon. Au bout du compte, les ruptures de symétrie modèlent le corps tout entier, depuis la localisation de la tête et des orteils jusqu'à la position des organes, en passant par la position symétrique des poumons et des reins, et par la façon dont le cœur se situe sur la gauche. Ces positionnements proviennent à leur tour d'asymétries à l'échelle moléculaire.

Les ruptures de symétrie sont indispensables pour donner forme à de nombreuses phases spectaculaires de notre développement. C'est de leur fait que nous changeons à mesure que nous nous développons à partir d'un zygote pour, après cinq jours, aller vers une structure creuse d'à peu près deux cents cellules d'une taille d'un ou deux dixièmes de millimètre. À ce moment-là, l'embryon est prêt à s'installer dans la paroi de l'utérus. C'est là que le contour d'une vie se mêle à un autre. Le poète et philosophe Samuel Taylor Coleridge a une fois fait remarquer que les neuf mois qui précèdent la naissance sont « probablement bien plus intéressants [...] que les soixante-dix ans qui la suivent »<sup>11</sup>. Je pense que cela pourrait être vrai des neuf premiers jours du développement...

Il reste bien des choses inexplicables dans les étapes qui conduisent à cette merveilleuse organisation de la matière que nous appelons un corps. Peut-être n'y a-t-il d'ailleurs là rien de surprenant, les êtres humains étant bien plus complexes que les grandes structures de lumière

et d'obscurité que nous pouvons observer dans les vastes étendues du cosmos<sup>12</sup>.

Voilà l'histoire de ma science, le chemin que j'ai parcouru pour comprendre comment les cellules de l'embryon précoce se forment, se reconnaissent entre elles, s'organisent étape après étape avec une précision stupéfiante, dirigent elles-mêmes leur propre développement, détectent une anomalie dans le processus ; et de quelle façon nous pouvons déceler cela et en découvrir les raisons.

Il faut bien qu'il y ait une sorte d'horloge pour que d'importants événements du développement surviennent au bon moment et dans le bon ordre : mais comment cette horloge cellulaire fonctionne-t-elle ? Autrement dit, quel mécanisme l'embryon utilise-t-il pour marquer le passage des heures et des jours ? Pourquoi, après deux jours et demi, toutes les cellules se polarisent-elles, avec un pôle apical, dirigé vers le milieu extérieur, et un pôle baso-latéral, dirigé vers les cellules voisines ? Pourquoi la grossesse dure-t-elle neuf mois et pas cinq, ou douze ? Au sein d'un embryon en développement, l'unité la plus élémentaire du vivant, la cellule, se multiplie et se transforme au travers d'une véritable chorégraphie dans l'espace et le temps. Pouvons-nous comprendre cet événement au plus haut point stupéfiant, complexe, irrésistible qu'est la danse de la vie ?

Ce ne sont là que quelques-unes des questions soulevées par la recherche, aux frontières actuelles de la connaissance. Toutes sont fascinantes. En dépit de tous mes efforts et de ceux de nombreux autres scientifiques, ce à quoi nous avons réussi à répondre jusqu'à présent est limité. Malgré tout, notre domaine a connu ces dernières années des progrès spectaculaires.





# Chapitre 1

## La robe blanche

Lorsque j'ai pris l'appel, je me trouvais dans mon bureau de l'université de Cambridge, le regard tourné vers les jardins de Downing College. Chaque fois que je fais face à un problème apparemment insoluble, mes yeux se portent de l'autre côté de la rue, vers Downing et ses pelouses accueillantes, ses arbres et leurs écureuils sautant de branche en branche ; mais aussi, juste sous mes fenêtres, vers les étudiants poussant leur vélo pour rejoindre leurs prochains cours. Ces quelques minutes d'intimité m'aident à y voir plus clair. Parfois même, elles me fournissent des réponses.

Nous étions au seuil de l'été et les arbres étaient tachetés d'or par les rayons de soleil sur le vert des feuilles. Je portais la robe indienne de coton blanc sans manche que j'avais acquise à l'époque de mes études. Je me rappelle très bien cela parce que, dans cette robe, on ne remarquait pas du tout que j'étais enceinte. Et, à ce moment-là, je ne voulais pas que quiconque le sache.

Au téléphone, une voix préoccupée me demanda si j'étais assise avant de m'enjoindre de le faire.

Elle m'expliqua que les tests de dépistage avaient révélé des anomalies génétiques sur un quart des cellules testées. Les médecins avaient trouvé trois copies du chromosome 2, le deuxième groupe le plus long d'ADN dans les cellules humaines, au lieu des deux habituelles. Il s'agissait de cellules issues du placenta, mais les médecins pensaient qu'il était

tout à fait possible que mon bébé soit lui aussi anormal. La voix me suggérait de venir à l'hôpital pour envisager la suite.

Je ne soupçonnais pas alors que mes vies personnelle et professionnelle étaient sur le point de fusionner, m'affectant sur les deux plans. La direction de mes recherches s'en est trouvée modifiée, et mes expériences réorientées pour des années. Pendant que j'écris ces lignes, mon équipe travaille sur des sujets en partie influencés par le choc de cette journée.

À l'époque de ce coup de téléphone, j'avais étudié tellement d'embryons tels que celui qui croissait en moi que je les connaissais dans les moindres détails. En tant que scientifique, j'ai passé des dizaines d'années à tenter de comprendre comment s'amorce une vie, quelle est sa nature et ce qu'il advient quand elle prend un chemin de traverse.

J'ai toujours été fascinée par les parcours de chacune des cellules d'un embryon à partir de l'instant où une vie éclot : tenter de saisir la façon dont elles se comportent, depuis leur mode d'action individuel jusqu'à leur façon de coopérer ; plus important encore, s'efforcer de comprendre la manière dont leur destin est scellé. Je me suis aussi efforcée d'identifier ce qui régit ce comportement et ce destin, en commençant par la moindre différence moléculaire – appelons-la « influence » – qui pourrait les inciter à déterminer ou à modifier la direction de leur développement.

Plus jeune, j'étais captivée par le fonctionnement du cerveau, par sa capacité à prendre des décisions, par sa plasticité qui lui permet d'apprendre. C'est pourquoi j'avais décidé d'orienter mes études vers la médecine ou la psychologie. Aujourd'hui, mon regard sur la prise de décision et la plasticité est celui d'une biologiste spécialiste du développement et des cellules souches. Comment les cellules prennent-elles des décisions sur la longue route qui mène de l'embryon à l'organisme adulte ? Les cellules n'ont pas de cerveau, mais elles n'en font pas moins des choix, souvent complexes, qui ne sont pas non plus définitifs et sont donc réversibles.

J'en connaissais un rayon sur l'embryologie ! Mais ça ne m'a pas empêché de réagir comme n'importe quelle future maman quand j'ai entrevu les conséquences possibles de ce qui m'avait été dit : ce n'était

certes pas facile à entendre. Vraiment pas. Pourtant... j'ai quand même gardé espoir : je savais que les embryons possèdent une plasticité remarquable qui leur permet de s'adapter aux circonstances rencontrées au cours de leur développement, exactement comme nous, face aux modifications de notre environnement. J'avais étudié cette plasticité dans mes activités scientifiques, mais, de façon inattendue, cela s'imposait désormais dans ma vie personnelle.

### **Mes tests de dépistage**

Le jour du coup de téléphone était un jour comme tous les autres dans mon labo : une journée chargée, avec de nombreux projets à mener de front. Mais, les jours suivants, les résultats des tests n'ont pas cessé de me trotter dans la tête et je me demandais quelle était leur signification réelle.

Je dois souligner que les médecins apportent toujours un soutien psychologique et expliquent qu'il n'y a pas de certitude sur l'interprétation de tels résultats. En tant que spécialiste de biologie du développement ayant consacré des années à l'étude des embryons, j'étais en mesure d'évaluer les différentes possibilités ayant conduit à cette anomalie génétique.

Je me suis efforcée de me représenter les détails du développement de mon enfant à naître afin de mieux comprendre les résultats des tests. Consciemment ou non, cela m'a aidé à conserver mon équilibre.

Quand l'embryon n'est encore constitué que d'une poignée de cellules se divisant rapidement, il est étonnamment résistant. Si, par exemple, vous prélevez une cellule, celles qui restent assureront le plus souvent la croissance et le développement permettant de parvenir à un organisme adulte complet. À mon arrivée à Cambridge pour mes études postdoctorales, j'ai réalisé de telles expériences sur des embryons de souris, dans lesquelles j'étudiais les limites de la plasticité et son fonctionnement. En général, nous escomptons qu'il en soit de même des embryons humains : tous les mammifères se développent en effet d'une façon assez similaire lors de cette étape précoce de la vie.

Au commencement, bébé et placenta ne font qu'un. Même chose au début de la vie : les toutes premières cellules peuvent aussi bien donner

naissance au fœtus lui-même qu'aux tissus qui lui servent de support lors de son développement. Lorsque l'embryon devient une boule de cellules, seul un très petit groupe à l'intérieur de celle-ci se chargera de faire de l'embryon une entité propre, puis un bébé. Pendant ce temps, les cellules en position externe continuent à creuser dans la paroi de l'utérus pour donner le placenta.

Les tests de dépistage avaient porté sur des cellules issues du placenta qui me reliait à mon futur bébé : il était donc possible que l'anomalie ne soit apparue que dans les cellules placentaires *après* leur séparation, dans l'embryon précoce, de celles qui donneront le bébé. Ce serait le mieux, car cela signifierait que mon enfant aurait de grandes chances d'être normal. Bien entendu, à ce moment-là, je ne pouvais en être sûre.

D'un autre côté, l'anomalie avait très bien pu apparaître *avant* la séparation des cellules entre celles qui donneraient le placenta et celles qui formeraient mon bébé, auquel cas il y aurait un risque pour celui-ci. C'est cette dernière possibilité qui me paraissait la plus probable : les tests avaient montré que les cellules placentaires présentant exactement la même anomalie étaient *très nombreuses*, ce qui impliquait que les choses étaient probablement allées de travers très tôt dans le développement. Ce qui n'était pas bon du tout.

Et pourtant... Je persistais à penser que la situation n'était pas sans espoir. L'anomalie avait dû apparaître au cours du développement plutôt que dans l'œuf vierge. Je pouvais parvenir à cette conclusion parce que de nombreuses cellules possédaient le bon nombre de chromosomes. Des anomalies apparues durant la formation de la cellule-œuf auraient donné un embryon avec un nombre anormal de chromosomes dans chacune de ses cellules. Ce qui aurait été catastrophique, avec comme conséquence une fausse couche ou un avortement.

Mais il y avait un autre facteur à prendre en considération. De nombreuses expériences réalisées par des collègues aussi bien que dans mon laboratoire avaient montré que les embryons de souris – et donc, très probablement, les embryons humains – avaient la capacité de se réparer après avoir été endommagés. Au véritable sens du mot, nous nous fabriquons nous-mêmes. Nous dirigeons nous-mêmes notre propre développement. Par conséquent, quand je me suis demandé ce qu'allait devenir

l'embryon que je portais en moi, je me suis prise à espérer que, même si l'anomalie était apparue très tôt dans son développement, il pourrait s'autoréparer en mettant à l'écart les cellules porteuses de l'anomalie génétique ou en les éliminant. Ce serait extraordinaire, mais le développement de l'embryon *est* extraordinaire! C'est ce jour-là que mes recherches ont pris une nouvelle direction. J'ai décidé de tester cette idée dans mon propre laboratoire.

Au cœur de ce qui suit, il y a une histoire, qui parle de la vie de l'embryon, de ma vie à moi et du travail que je lui consacre, une histoire jalonnée par mes réflexions, mes questionnements et mes choix. Une histoire qui parle de ma préoccupation sur le devenir de mon enfant et de tant d'embryons humains qui peuvent donner l'impression de n'être « pas parfaits »; qui parle de la détresse de ces mères, de ces pères qui doivent faire face au même dilemme que celui qui m'a conduite à étudier ce mystère si particulier du développement, alors qu'il y avait tant d'autres sujets à étudier, tant d'autres problèmes à résoudre.

Cette histoire parle de mes décisions, de ma recherche d'une compréhension plus profonde des événements marquant le début d'une vie reposant sur ces choix. Elle parle du chemin parcouru pour trouver une expression scientifique qui me soit propre, de ma quête d'intuitions sur la façon dont la vie s'amorce puis évolue. Elle raconte aussi comment gérer des émotions fortes, les miennes, mais aussi les sentiments de ceux qui me sont le plus proches.

Dans mes recherches, j'ai été entourée de nombreuses personnes pleines de talents dont j'apprécie les qualités intellectuelles et scientifiques. Mais, en constituant à Cambridge mon équipe de biologistes spécialisés en embryologie et cellules souches, j'ai trouvé qu'il était tout aussi important de créer un environnement imprégné des liens forts que représentent les valeurs partagées et l'amitié, l'attachement à résoudre des problèmes, la passion déployée pour le faire; et aussi la capacité à apprécier ces choses simples que nous offre la vie de tous les jours.

Plusieurs de nos résultats ont mis en cause l'opinion généralement admise qui affirme que les germes de la rupture de symétrie se produisent relativement tard dans le développement de l'embryon chez les mammifères. Je dois être trop téméraire ou imprudente car je continue

à présenter des conclusions et des idées qui sortent du cadre. Mais, comme tout être humain, je suis sujette aux doutes. J'ai dû gérer davantage d'échecs que de succès dans bien des aspects de mes parcours scientifique et personnel. Ils m'ont placée dans des situations difficiles, mais ont aussi tracé la route de découvertes inattendues.

Les carrières comme les réputations reposent sur des idées nouvelles. Mais s'opposer aux conceptions existantes ne se passe pas toujours très bien, particulièrement peut-être quand c'est une femme qui les conteste. Je crois que, pour qu'il y ait progrès scientifique, il faut des esprits créatifs, ouverts, intrépides dans la remise en question non seulement de la sagesse bien établie, mais aussi de ses propres idées préconçues dès lors que l'on a la preuve qu'elles sont erronées. Mais il faut aussi rester réfléchi et modeste. Les progrès se multiplieraient avec davantage de femmes.

Ma propre histoire plaide pour que personne ne renonce à ses découvertes et à ses rêves, aussi impopulaires qu'ils puissent paraître; pour garder fermement espoir; et pour aimer la quête de la connaissance. Malgré les efforts de mon équipe et de centaines de biologistes à travers le monde, il reste encore beaucoup d'énigmes à résoudre si l'on veut pouvoir raconter toute l'histoire d'une vie humaine.

Mais, grâce à des technologies nouvelles, des expériences astucieuses, des collègues de talent – femmes et hommes –, grâce aussi à mes merveilleux étudiants – capables de prendre la science au sérieux tout en sachant la rendre plaisante –, nous sommes au moins à même d'esquisser les bases de la danse de la vie. Ce que je vais raconter est complexe et inattendu. Mais aussi vraiment fabuleux.

## Chapitre 2

# Hasard et destinée

Nous savons tous qu'un événement fortuit, une rencontre ou un accident peuvent changer le cours d'une existence, donner la vie ou, au contraire, y mettre un terme. Il en va de même de la danse de la vie.

La vie serait tellement plus simple si les dieux décidaient de notre destin ! Face aux aléas de l'existence, le hasard a joué un grand rôle pour orienter mon destin. Mais pas seulement le hasard. De manière fortuite, j'ai été amenée à découvrir que cette tension créative entre hasard et destin, entre ordre et chaos, n'est pas seulement présente autour de nous mais en nous.

J'ai toujours été captivée par le concept de plasticité, en premier lieu du cerveau, mais aussi de nos cellules, ainsi que par la façon dont leur destinée est choisie puis scellée. C'est une question passionnante parce que, au microscope, un embryon précoce apparaît comme un amas de cellules identiques. Nous allons suivre les cellules en les colorant à l'aide de protéines fluorescentes afin de comprendre dans quelle mesure le hasard et leur histoire – d'où viennent-elles ? – influent sur leur vie.

Les motifs qui en résultent relèvent du grand art. Pas seulement parce qu'ils sont jolis, mais parce qu'ils racontent une histoire à la fois complexe et subtile. Bien que ces images colorées soient rarement identiques d'un embryon à l'autre, elles disent apparemment la même chose : les cellules ne décident que rarement, voire jamais, de leur sort