

MARK HENDERSON

JUSTE ASSEZ DE BIOLOGIE POUR BRILLER EN SOCIÉTÉ



LES **50** GRANDES IDÉES
QUE VOUS DEVEZ CONNAÎTRE

DUNOD

Table des matières

Introduction 3

GÉNÉTIQUE CLASSIQUE

- 01 La théorie de l'évolution 4
- 02 Les lois de l'hérédité 8
- 03 Gènes et chromosomes 12
- 04 La génétique de l'évolution 16
- 05 Mutations 20
- 06 Sexe 24

BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

- 07 Gènes, protéines et ADN 28
- 08 La double hélice 32
- 09 Fracturer le code de la vie 36
- 10 Génie génétique 40

LE GÉNOME

- 11 Lire le génome 44
- 12 Le génome humain 48
- 13 Les leçons du génome 52

INNÉ ET ACQUIS

- 14 Déterminisme génétique 56
- 15 Le gène égoïste 60
- 16 La page vierge 64
- 17 L'inné via l'acquis 68

GÈNES ET MALADIE

- 18 Maladies génétiques 72
- 19 Chasse aux gènes 76
- 20 Cancer 80
- 21 Superbugs 84

SEXUALITÉ, HISTOIRE ET COMPORTEMENT

- 22 Génétique du comportement 88
- 23 Intelligence 92

- 24 Race 96
- 25 Histoire génétique 100
- 26 Généalogie génétique 104
- 27 Gènes sexuels 108
- 28 La fin des hommes ? 112
- 29 La guerre des sexes 116
- 30 Homosexualité 120

TECHNOLOGIES GÉNÉTIQUES

- 31 Identification génétique 124
- 32 OGM végétaux 128
- 33 OGM Animaux 132
- 34 Evo-Devo 136
- 35 Cellules souches 140
- 36 Clonage 144
- 37 Clonage humain 148
- 38 Thérapie génique 152
- 39 Dépistage génétique 156
- 40 Médicaments sur mesure 160
- 41 Bébés sur mesure 164
- 42 Le meilleur des mondes 168
- 43 Gènes et assurances 172
- 44 Brevets 176

LA NOUVELLE GÉNÉTIQUE

- 45 ADN poubelle 180
- 46 Variations du nombre de copies 184
- 47 Épigénétique 188
- 48 La révolution ARN 192
- 49 Vie artificielle 196
- 50 Vous avez dit normal ? 200

Glossaire 204

Index 207

Introduction

Nous vivons une révolution des connaissances. Depuis que notre espèce est capable de penser, nous nous demandons d'où nous venons et pourquoi nous sommes à la fois si proches et si merveilleusement dissemblables. La philosophie et la psychologie, la biologie, la médecine et l'anthropologie, et même la religion ont tenté de fournir des réponses. Mais, jusqu'à récemment, il nous manquait une pièce fondamentale touchant à tous les aspects de notre existence. La connaissance de notre code génétique.

La génétique est une science jeune. Il n'y a guère plus de 50 ans que Crick et Watson ont découvert le « secret de la vie » – la structure de la molécule d'ADN, qui contient toutes les instructions d'un organisme cellulaire. La première carte inachevée du génome humain a été publiée en 2001. Pourtant, cette discipline a déjà changé notre compréhension de la vie sur Terre et le génie génétique transforme notre façon de vivre.

La génétique fournit la preuve de l'évolution et retrace les migrations des premiers hommes hors d'Afrique. Elle nous procure de nouveaux outils capables de confondre les coupables et de disculper les innocents. Elle nous apprend que notre individualité est forgée par la nature et par la culture. Nous entrons dans une ère nouvelle où la médecine nous promet des traitements adaptés à nos profils génétiques, des tissus de rechange cultivés à partir de cellules souches, des thérapies géniques pour corriger des mutations nocives et des tests pour dépister certaines maladies héréditaires.

Ces possibilités incroyables suscitent des débats éthiques. Les manipulations génétiques, le clonage, la discrimination génétique et les bébés sur mesure donnent souvent à penser que le mot ADN est synonyme de controverse.

Nous sommes plus que la somme de nos gènes. D'autres parties du génome, comme certains segments appelés « ADN poubelle », comptent autant. Plus nous en savons sur la génétique, mieux nous comprenons les autres facteurs qui comptent aussi – notre mode de vie, notre environnement, nos interactions avec autrui.

Sans la génétique, nous serions borgnes. Avec elle, l'humanité regarde enfin avec deux yeux.

01 La théorie de l'évolution

Charles Darwin : « Il y a de la grandeur dans cette vision de la vie... à savoir qu'à partir d'un commencement aussi simple, une infinité de formes les plus belles et les plus merveilleuses ont évolué et évoluent encore. »

« Rien en biologie n'a de sens si ce n'est à la lumière de l'évolution. », écrit le généticien Theodosius Dobzhansky. Bien que Charles Darwin ne sût rien des gènes ni des chromosomes, ces concepts et tous ceux qui seront décrits dans ce livre trouvent leur origine ultime dans ses intuitions géniales relatives à la vie sur Terre.

Selon la théorie de la sélection naturelle de Darwin, les organismes individuels héritent leurs caractères de leurs parents, mais avec des altérations minimales et imprévisibles. Ceux de ces changements qui favorisent la survie et la reproduction se multiplieront avec le temps, tandis que ceux qui ont des effets négatifs disparaîtront peu à peu.

Comme c'est souvent le cas avec les grandes idées, l'évolution par la sélection naturelle est d'une simplicité qui, une fois appréhendée, s'impose d'elle-même. La première fois que le biologiste Thomas Huxley l'a entendu énoncer, il a déclaré : « Comme c'est stupide de ne pas y avoir pensé ! » D'abord sceptique, il en est devenu le partisan le plus acharné (voir encadré).

L'argument du dessein Des siècles avant Darwin, les philosophes avaient essayé d'expliquer l'extraordinaire variété de la vie. L'explication traditionnelle était bien sûr surnaturelle : la vie, dans toute sa diversité, avait été créée par un dieu, et les caractères adaptant un organisme particulier à sa niche écologique faisaient partie du grand plan du créateur.

Cet argument du dessein remonte au moins à Cicéron, mais il est plus couramment associé à l'Anglais William Paley. Dans un traité de 1802, Paley

chronologie

1802

William Paley (1743-1805) utilise « l'analogie de l'horloger » pour appuyer l'argument du dessein
Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) élabore la théorie de l'hérédité des caractères acquis

1842

Charles Darwin (1809-82) énonce une première ébauche de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle dans une lettre à Charles Lyell

compare la complexité de la vie à une montre, dont la simple existence présuppose l'intervention d'un horloger. Cela devint rapidement l'orthodoxie scientifique – même Darwin en fut influencé au début de sa carrière.

Mais comme le philosophe David Hume l'avait déjà compris au XVIII^e siècle, cet argument amène la question suivante : qui a créé le créateur ? L'absence d'explication naturaliste évidente d'un phénomène est une piètre raison pour ne pas chercher plus loin. Ceux qui le font, depuis Paley jusqu'au créationnisme moderne, rebaptisé « dessein intelligent », nous disent au fond : « Je ne comprends pas, donc c'est Dieu qui l'a fait. » Un tel mode de pensée ne remplace pas la science.

Caractère acquis Pendant que Paley invoquait l'horloger, Jean-Baptiste Lamarck faisait preuve de plus de curiosité. Les organismes, selon lui, descendaient les uns des autres, des différences apparaissant à chaque génération au travers de modifications subtiles. Ce fut la première théorie de l'évolution.

Pour Lamarck, le moteur de l'évolution était l'hérédité des caractères acquis : les modifications anatomiques causées par l'environnement étaient transmises à la descendance. Le fils d'un forgeron héritait des muscles

Le bouledogue de Darwin

Thomas Huxley a gagné le surnom de « bouledogue de Darwin » au cours de l'assemblée de l'Association Britannique pour le Progrès Scientifique en 1860, où il défendit la théorie de Darwin contre l'argument du dessein, dont l'avocat était l'évêque d'Oxford, Samuel Wilberforce. Bien qu'il n'existe aucun procès-verbal, Wilberforce commença par se gausser de son rival et lui demanda s'il descendait du singe par son père ou par sa mère. Huxley aurait répliqué : « Je préfère descendre d'un singe que d'un homme cultivé qui met sa culture et son éloquence au service du préjugé et du mensonge. »

1858

Théorie de la sélection naturelle présentée à la Société Linnéenne par Darwin et Alfred Wallace Russel (1823-1913)

1859

Charles Darwin publie *De l'origine des espèces*

costauds que son père avait acquis à la forge. Les girafes tendaient le cou pour atteindre les plus hautes branches, allongeant le cou des générations suivantes.

Cette théorie est souvent dénigrée de nos jours, notamment à cause de la tentative de récupération dont elle fut l'objet dans les années 1930 par le biologiste favori de Staline, Trofim Lysenko. Sa conviction selon laquelle le blé pouvait être endurci pour résister au froid a causé des millions de morts par famine en Union Soviétique. Les idées lamarckiennes sont parfois même tenues pour hérétiques. Pourtant, s'il s'est trompé sur les détails, son idée était astucieuse. Il avait correctement établi que les caractères biologiques sont hérités – une idée d'une importance capitale. Il se trompait seulement sur le mécanisme.

Rien qu'une théorie

Les créationnistes aiment dire que l'évolution n'est « rien de plus qu'une théorie », comme si cela mettait leur conception sur le même plan scientifique. Cela reflète leur incompréhension totale de la science, qui n'utilise pas le mot « théorie » dans son acception courante de supposition. En réalité, une théorie est une hypothèse confirmée par toutes les données disponibles. L'évolution fait plus que correspondre à cette définition – elle s'appuie sur des données génétiques, paléontologiques, anatomiques, zoologiques, botaniques, géologiques, embryologiques, etc. Si la théorie était fautive, presque tout ce que nous savons de la biologie serait à reconsidérer. C'est comme la théorie de la gravité – ce n'est pas une idée à prendre ou à laisser, mais la meilleure explication actuellement disponible pour un ensemble de faits observés.

De l'origine des espèces Le vrai mécanisme fut bientôt élucidé par Darwin. Au début des années 1830, il avait navigué à bord du *Beagle*, un navire d'exploration, en tant que naturaliste et confident du capitaine Robert FitzRoy. Ce voyage lui permit de faire des observations détaillées de la flore et de la faune d'Amérique du Sud. Il trouva une inspiration particulière aux îles Galápagos, à l'ouest de l'Équateur, dont chacune abrite une espèce particulière de pinson. Le mélange de similitudes et de différences l'a amené à se demander si ces espèces étaient parentes et s'étaient adaptées avec le temps à l'environnement de chaque île.

Jusque-là, la conclusion de Darwin n'est pas très différente de celle de Lamarck. Ce qui la distingue, c'est son mécanisme. L'économiste Robert Malthus (1766-1834) avait décrit la façon dont les populations en expansion entraînent en concurrence pour les ressources. Darwin appliqua ce principe à la biologie. Des variations aléatoires favorisant un organisme dans la compétition pour se nourrir et se

reproduire l'aideraient à survivre et à les transmettre à ses enfants. Inversement, des variations nocives finiraient par disparaître, leurs porteurs cédant le pas aux individus mieux adaptés à l'environnement. L'environnement ne causait pas les changements, mais il les sélectionnait.

Les implications de cette sélection naturelle étaient brutales. Elle n'avait ni but ni sens et n'accordait pas d'importance particulière à la vie humaine. Selon l'aphorisme célèbre d'Herbert Spencer, ce qui importait était « la survie du plus apte ».

Darwin énonça son idée dès 1842, mais il attendit 17 ans pour la publier, par crainte de l'hostilité rencontrée par des traités comme *Vestiges de l'histoire naturelle de la création*, un pamphlet de 1844 qui affirmait que les espèces pouvaient se transformer. Mais, en 1858, il reçut une lettre d'Alfred Russel Wallace, une jeune naturaliste qui développait des idées similaires. Après avoir présenté ses idées avec Wallace devant la Société Linnéenne de Londres, Darwin s'empressa de publier *De l'origine des espèces* en 1859.

Les naturalistes ecclésiastiques, dont les vieux mentors de Darwin, Adam Sedgwick et John Stevens Henslow, furent outragés par la nouvelle théorie. Robert FitzRoy s'estima trahi par un vieil ami, qui avait abusé de sa gentillesse pour promouvoir des idées proches de l'athéisme. Mais la théorie de Darwin s'attira les faveurs de la jeune génération d'intellectuels, qui reconnurent à la fois son importance et son utilité pour saper l'autorité d'une élite scientifique encore sous l'influence de l'église.

Depuis 1859, la théorie a été actualisée, à commencer par Darwin lui-même. Dans *La descendance de l'homme* (1871), il explique que les choix des partenaires sexuels peuvent contribuer autant que l'environnement à l'évolution, ajoutant la sélection sexuelle au lexique scientifique. Mais l'idée centrale selon laquelle toutes les espèces sont parentes et naissent les unes des autres via des variations aléatoires qui se transmettent si elles sont favorables à la survie ou à la reproduction, est devenue le liant qui fait tenir la biologie debout. C'est aussi la pierre d'angle de la génétique.

« La théorie de l'évolution par sélection naturelle cumulative est la seule théorie que nous connaissons, capable en principe d'expliquer l'existence de la complexité organisée. »

Richard Dawkins

L'idée en deux mots
La sélection naturelle
crée de nouvelles espèces

06 Sexe

Graham Bell : « Le sexe est la reine des questions en biologie de l'évolution. Peu de phénomènes naturels ont soulevé autant d'intérêt ; aucun n'a semé autant de confusion. »

Le sexe est une des grandes questions de la vie. Pas seulement à cause du temps que nous consacrons à y penser, mais aussi parce que c'est un casse-tête évolutif et génétique.

Beaucoup d'organismes – et même la plupart, sachant que les bactéries forment une proportion notable de la biomasse mondiale – s'en sortent très bien sans reproduction sexuée. Pourquoi, alors, la reproduction asexuée ne s'applique-t-elle pas à tout le monde ? Elle convient à la plupart des cellules du corps humain – les cellules somatiques. Les seules exceptions sont nos cellules germinales, qui fabriquent les ovules et les spermatozoïdes (gamètes) qui produiront de nouveaux êtres humains.

La reproduction asexuée permet à un organisme de transmettre la totalité de son génome à ses descendants, à quelques erreurs de copie près. Mais la reproduction sexuée implique que la moitié seulement de la population porte les œufs ou les petits, ce qui diminue le taux de reproduction, et que les deux sexes dépensent de l'énergie pour trouver des partenaires. Chaque parent ne transmet à ses enfants que la moitié de son génome. Tout cela devrait être désavantageux en termes de sélection naturelle. Or, non seulement la reproduction sexuée a subsisté, mais c'est le mode de reproduction de la plupart des organismes de taille visible.

Sa survie apparemment paradoxale s'explique par ce qui se passe au niveau génétique et par ce que cela signifie pour l'évolution. La reproduction sexuée provoque elle aussi des variations en rebattant les cartes génétiques à chaque reproduction. Ce processus, appelé recombinaison ou *crossing-over*, crée régulièrement de nouveaux arrangements génétiques, qui sont ensuite transmis aux générations futures.

chronologie

1910

Morgan démontre la base chromosomique de l'hérédité

1913

Morgan et Alfred Sturtevant (1891-1970) découvrent la recombinaison et produisent la première carte génétique

Mitose et méiose Cette opportunité de variation est due à un mécanisme de division cellulaire propre à la sexualité. L'immense majorité des cellules du corps humain sont diploïdes, contenant un nombre complet de 46 chromosomes disposés en 23 paires. Quand ces cellules somatiques se divisent, elles dupliquent entièrement toutes leurs paires de chromosomes par un processus appelé mitose. Ces deux jeux de chromosomes se séparent au moment où la cellule se dédouble et se retrouvent chacun dans une des cellules-filles. Il en résulte deux nouvelles cellules diploïdes contenant 46 chromosomes identiques à ceux de la cellule-mère.

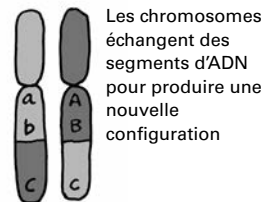
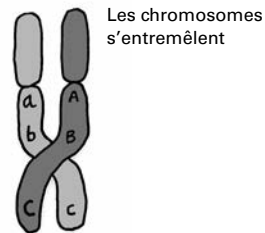
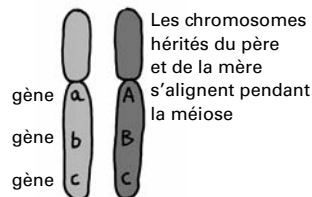
Fondamentalement, la mitose est une reproduction asexuée. Le seul endroit du corps où elle ne s'applique pas, ce sont les cellules germinales, qui produisent ovules ou spermatozoïdes selon un autre mode de division cellulaire – la méiose. Au cours de celle-ci, les cellules diploïdes précurseurs des gamètes dupliquent leurs chromosomes, puis les partagent également entre quatre cellule-filles contenant chacune 23 chromosomes. Chez l'homme, elles deviennent des spermatozoïdes ; chez la femme, l'une devient un ovule et les trois autres des « globules polaires ».

Les cellules de ce type sont dites haploïdes – elles ne possèdent qu'un seul exemplaire de chaque chromosome au lieu de paires. Lorsque les deux gamètes fusionnent pour produire un embryon, le jeu complet de 46 chromosomes est reconstitué, un exemplaire de chaque chromosome étant fourni par chacun des parents.

Recombinaison Cette fusion du matériel génétique provenant de deux individus est une source de variation grâce à de nouvelles combinaisons de chromosomes. De plus la composition de chaque chromosome inclus dans l'ovule ou dans le spermatozoïde est elle aussi unique.

Quand les deux chromosomes de la même paire s'alignent pendant la méiose, ils échangent du matériel génétique. Les deux brins d'ADN – l'un hérité du père, l'autre de la mère – s'entremêlent puis se brisent au niveau où ils sont entrelacés. Ces segments fusionnent alors avec le chromosome voisin, autrement dit des gènes passent d'un chromosome à l'autre.

Recombinaison



1931

Harriet Creighton (1909-2004) et Barbara McClintock (1902-92) démontrent la base physique de la recombinaison

1932

Muller décrit l'utilité de la recombinaison pour contrer le « cliquet de Muller »

Parenté génétique

La recombinaison explique quelle proportion d'ADN vous partagez avec votre famille, et pourquoi vous différez génétiquement de vos frères et sœurs. La moitié de votre matériel génétique vient de votre mère et l'autre de votre père, puisque vous avez été conçu par des gamètes produits par chacun d'eux. Vous pourriez penser que vous partagez aussi 50 % de votre ADN avec vos frères et sœurs, mais ce n'est vrai qu'en moyenne. Le caractère aléatoire de la recombinaison implique qu'il est théoriquement possible, même si c'est statistiquement très improbable, que vous ayez hérité un jeu d'allèles complètement différent de ceux de vos frères et sœurs.

Le résultat est un gamète contenant des chromosomes nouveaux, amalgames de gènes paternels et maternels.

Cette recombinaison signifie que si chaque gamète reçoit bien un exemplaire de chaque gène, la combinaison d'allèles qu'il contient sera unique. Un spermatozoïde ne possédera pas des chromosomes exclusivement paternels ou maternels, comme les cellules somatiques, mais des chromosomes nouveaux contenant un segment de matériel génétique de chaque parent. Les gènes sont désormais réarrangés en assortiments légèrement différents. La recombinaison peut même les fusionner pour créer de nouveaux gènes. C'est une source supplémentaire de variation sur laquelle la sélection naturelle peut s'exercer.

La recombinaison permet aussi aux scientifiques de localiser les gènes sur les chromosomes en utilisant le concept de liaison présenté p. 15. Comme Morgan l'avait compris, les gènes proches l'un de l'autre ne passent pas isolément d'un chromosome à l'autre, mais circulent en tant qu'éléments de segments plus grands. Si deux gènes sont présents dans le même

« Lire un livre de manière “sexuée” reviendrait à en acheter deux exemplaires, à arracher les pages et à fabriquer un nouveau livre en combinant la moitié des pages de l'un et la moitié des pages de l'autre, en jouant à pile ou face à chaque page pour savoir dans quel original la prendre. »

Mark Ridley

segment ou « haplotype », ils seront liés – une personne qui hérite l'un aura de grandes chances d'hériter l'autre.

Une raison au sexe Chez les espèces qui se reproduisent de manière sexuée, la méiose et la recombinaison assurent à chaque individu un génotype bien à lui, et cette variation supplémentaire peut être adaptative. Avec la reproduction asexuée, les mutations même délétères sont invariablement transmises aux descendants. Cela produit un effet appelé « cliquet de Muller » (voir encadré), par lequel la qualité des génomes tend à baisser avec le temps. Avec la recombinaison, la reproduction sexuée permet aux enfants d'être différents de leurs parents. La moitié d'entre eux n'hériteront pas des gènes délétères, ce qui profite à l'espèce.

La variété génétique créée par la reproduction sexuée signifie aussi que les maladies et les parasites se transmettront plus difficilement à la population tout entière. Cette diversité augmente les chances que certains individus présentent une résistance génétique et survivent aux épidémies, donnant naissance à de nouvelles générations relativement immunes. La diversité sexuelle donne aux espèces concernées un atout dans la lutte pour la vie.

Le cliquet de Muller

Lorsqu'un organisme se reproduit de manière asexuée, son génome est copié intégralement chez ses descendants.

Hermann Muller réalisa que cela présentait un gros inconvénient : si une erreur de copie cause une mutation délétère, elle sera transmise à tous les descendants. La même chose se produira à chaque mutation nouvelle et la qualité génétique générale de la lignée se détériorera avec le temps.

Muller a comparé ce processus à un cliquet,

dont les dents n'autorisent le mouvement que dans une seule direction.

La reproduction sexuée et la recombinaison évitent cet écueil, car les mutations d'un individu ne sont pas toutes transmises à ses enfants. Beaucoup d'organismes asexués, comme les bactéries, possèdent d'autres mécanismes d'échange de gènes pour éviter les effets négatifs du cliquet.

L'idée en deux mots

La reproduction sexuée rend les individus génétiquement uniques

36 Clonage

Ian Wilmut : « Le potentiel du clonage pour soulager la souffrance... est si grand à moyen terme que je pense qu'il serait immoral de ne pas cloner d'embryons humains dans ce but. »

Le mouton le plus célèbre de tous les temps, Dolly (qui figure sur la couverture de ce livre), est né dans un laboratoire écossais le 5 juillet 1996. La brebis, créée par Keith Campbell et Ian Wilmut, de l'Institut Roslin d'Edimbourg, était le premier mammifère cloné à partir d'une cellule adulte – la copie génétique d'un animal existant.

Des grenouilles et des poissons avaient déjà été clonés des décennies avant Dolly, et, dans les années 1980, des scientifiques russes avaient cloné une souris appelée Masha en insérant le noyau d'une cellule souche embryonnaire (ES) dans un ovule vide. Mais les tentatives de créer un embryon de mammifère portant de l'ADN adulte avaient échoué. Chez les mammifères, certains gènes essentiels au développement de l'embryon sont désactivés dans les cellules somatiques adultes par un processus appelé méthylation, ce qui semblait rendre le clonage impossible.

Mais Campbell et Wilmut allaient prouver le contraire. Ils prélevèrent le noyau d'une cellule somatique adulte de mouton et l'insérèrent dans un ovule dont le noyau avait été retiré, puis ils déclenchèrent sa division par des stimulations électriques. Il semble, sans qu'on en connaisse la raison précise, que cette méthode reprogramme le noyau et annule la méthylation, permettant à l'embryon cloné de se développer. Dolly partageait la totalité de son ADN nucléaire avec le donneur de la cellule somatique. Seul l'ADN mitochondrial provenait de la brebis qui avait fourni l'ovule.

Cette technique, appelée transfert de noyau de cellule somatique (SCNT), n'était pas efficace – il a fallu aux chercheurs de Roslin 227 tentatives pour créer Dolly. Mais en démontrant que cela pouvait réussir, ils ont ouvert un champ de possibilités passionnant. On pourrait par exemple cloner des

chronologie

1952

Première grenouille clonée

1986

Clonage d'une souris à partir du noyau d'une cellule souche embryonnaire

animaux primés dans le cadre de programmes d'élevage. Et si la SCNT marchait pour l'être humain, on pourrait en tirer des applications médicales.

Clonage thérapeutique Les cellules ES peuvent donner n'importe quel tissu de l'organisme et pourraient permettre de remplacer des cellules malades ou endommagées. La SCNT laisser entrevoir que le « clonage thérapeutique » pourrait élargir leur utilité médicale. Les cellules souches fournies par un embryon cloné à partir d'un patient en attente de traitement contiendraient le code génétique de ce dernier. On pourrait alors les transplanter sans risque de rejet par le système immunitaire.

On pourrait aussi créer de cette manière des modèles de la maladie à soigner. L'ADN de patients souffrant de la maladie du neurone moteur, par exemple, pourrait servir à produire des cellules ES clonées portant la mutation génétique impliquée. De telles cellules seraient précieuses pour étudier la maladie et tester de nouveaux médicaments.

Mais pour cela, il faut d'abord cloner des embryons humains par SCNT – ce qui se heurte à deux obstacles majeurs, l'un éthique et l'autre technique. Même des personnes approuvant les recherches sur les cellules ES objectent

Aliments clonés

Le potentiel du clonage ne se limite pas à la médecine – ses premiers bénéfices vont vraisemblablement concerner la sélection animale. La SCNT peut servir à cloner des animaux primés pour leur musculature ou leur production de lait exceptionnelles, afin de préserver les profils génétiques qui intéressent les éleveurs. Les clones ne seraient pas eux-mêmes abattus – ils coûtent trop cher – mais serviraient de reproducteurs.

Pour les agences américaine et européenne de sécurité alimentaire, il n'y a pas de raisons scientifiques pour que des animaux clonés et leurs descendants présentent des risques pour la consommation humaine. La principale objection concerne le bien-être animal – le clonage est encore inefficace et beaucoup de clones présentent des anomalies congénitales. Mais on peut parier sans trop se tromper que leur viande et leur lait arriveront bientôt sur nos tables.

1996

Création de la brebis Dolly par Ian Wilmut (né en 1944) et Keith Campbell (né en 1954)

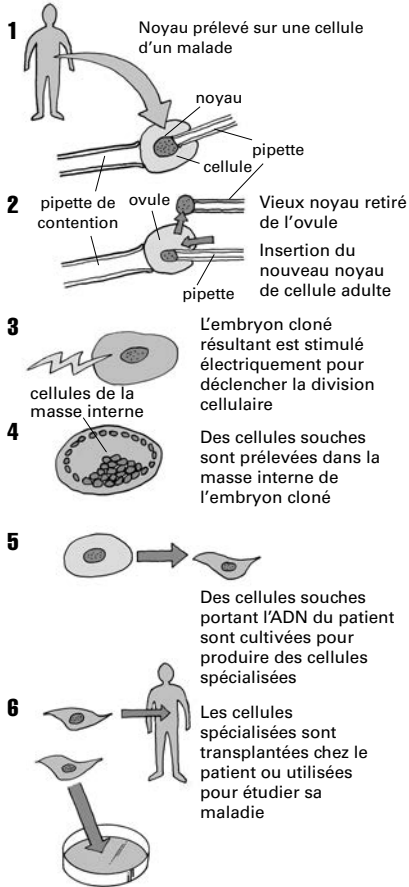
2004

Woo-Suk Hwang (né en 1953) affirme avoir créé le premier embryon humain

2005

Les travaux de Hwang sont discrédités par la fraude, mais une équipe britannique réussit à cloner un embryon humain

Clonage thérapeutique



au clonage thérapeutique que cela pourrait faire progresser les tentatives de cloner un bébé humain. Plus crucial, la SCNT a déjà permis de cloner des souris, des porcs, des bovins et des chats, mais elle est beaucoup plus difficile à réussir chez les primates.

L'affaire Hwang En général, les pays qui autorisent la recherche sur les cellules ES considèrent que le potentiel médical du clonage thérapeutique surpasse les risques, et ils ont autorisé cette application de la SCNT tout en interdisant dans un but reproductif. En février 2004, des scientifiques de l'un de ces pays, la Corée du Sud, ont déclaré avoir maîtrisé les problèmes techniques.

Dans un article de la revue *Science*, une équipe dirigée par Woo-Suk Hwang annonçait la création du premier embryon humain cloné et l'extraction de cellules ES. Au mois de mai, Hwang annonça même la production de 11 lignées de cellules ES clonées, correspondant chacune à un patient différent. Surtout, l'équipe affirmait avoir affiné la SCNT au point que moins de 20 ovules avaient été nécessaires pour générer une colonie de cellules clonées. Avec un tel taux de succès, la technique devenait médicalement viable.

C'était trop beau pour être vrai. En novembre 2005, il s'avéra que Hwang avait obtenu les ovules nécessaires d'une manière contraire à l'éthique. Et avec l'analyse scientifique plus détaillée de leurs

travaux, le pot-aux-roses ne tarda pas à être découvert. Les cellules souches clonées étaient des faux – des tests génétiques prouvèrent qu'elles n'avaient jamais été clonées. Hwang était l'auteur d'une énorme fraude scientifique.

L'embryon humain peut être cloné, même si Hwang n'y est pas parvenu. En 2005, une équipe de l'université de Newcastle, au Royaume-Uni, y est parvenue, ainsi que deux sociétés américaines. Aucune de ces équipes n'a encore produit de cellules souches, mais cela a été fait chez des embryons clonés de singes. Le but ultime est à portée de main.

Mais le clonage thérapeutique a perdu de son prestige depuis l'affaire Hwang. Les ovules humains, essentiels à l'opération, ne sont disponibles qu'en

petites quantités, car on ne peut pas les donner sans risque. Cela signifie que même si on peut cloner des cellules à partir d'un patient, elles devraient être d'un coût prohibitif. Les scientifiques recherchent donc des alternatives. Beaucoup pensent qu'il serait beaucoup plus pratique de recourir à des cellules souches pluripotentes induites, créées à partir de tissu adulte reprogrammé, ou à des banques de cellules ES ordinaires à partir desquelles produire des cellules ayant le profil génétique des patients.

Pour la recherche, une autre approche consiste à employer la SCNT pour insérer des noyaux humains dans des ovules animaux, afin de produire des « hybrides cytoplasmiques » dont le matériel génétique est à 99,9 % humain. Inaptes à un usage médical, ces cellules permettraient de créer des modèles des maladies. La technique qui a créé Dolly ne servira peut-être jamais à produire des cellules clonées en vue de leur transplantation chez des patients, mais elle reste un outil médical très précieux.

« Le temps et l'argent nécessaires pour créer ces solutions clonées uniques font qu'il est peu probable que la SCNT fournisse une solution d'usage courant. »

**Ruth Faden,
spécialiste des cellules
souches**

Jurassic Park

Dans le film *Jurassic Park* (1993), des dinosaures sont recréés par clonage à partir d'ADN sanguin trouvé dans des moustiques préservés dans l'ambre. Si cela fait un grand film de science-fiction, la plupart des scientifiques pensent que c'est impossible. L'ADN de créatures ayant vécu des dizaines de millions d'années plus tôt est certainement trop dégradé. De plus, ces animaux n'ont pas de parents vivants suffisamment proches pour fournir des ovules dans lesquels injecter l'ADN.

Mais le clonage pourrait permettre de ramener à la vie des créatures éteintes plus récemment. En Australie, un projet vise à cloner un tigre de Tasmanie ou thylacine à partir de l'ADN du dernier individu connu, mort en 1936. Il pourrait aussi être possible de recréer un mammouth : un spécimen exceptionnel retrouvé dans le permafrost sibérien contiendrait un ADN de qualité suffisante pour tenter le clonage. Sa parente moderne, l'éléphante, pourrait fournir les ovules et servir de mère-porteuse.

L'idée en deux mots
Les clones sont
des copies génétiques

Juste assez de...

Mark Henderson

Traduit de l'anglais par Pierre Bertrand

Juste assez de biologie pour briller en société

Les 50 grandes idées que vous devez connaître

L'intelligence est-elle héréditaire ? Qu'est-ce qu'un gène égoïste ? Où en est-on sur le clonage humain et, d'ailleurs, comment va Dolly la brebis ? Pourrons-nous bientôt choisir les caractéristiques de nos enfants sur catalogue ?...

Ce livre présente la biologie en une série de 50 fiches concises. Commenant avec la théorie de l'évolution de Darwin et s'achevant sur les dernières avancées très controversées du génie génétique, il nous montre comment notre connaissance approfondie du vivant a bouleversé notre compréhension du monde.

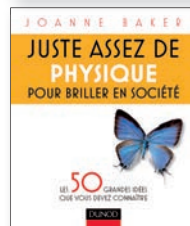
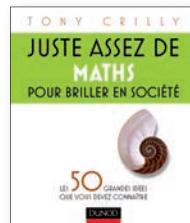
Rempli d'exemples tirés de la vie quotidienne, de schémas révélateurs et de citations sagaces, ce livre contient ainsi tout ce que vous voulez savoir en biologie pour briller en société !



Mark HENDERSON est rédacteur en chef des pages « Sciences » du *Times*.

Dans la même collection :

Juste assez de maths pour briller en société, par *Tony Cilly*
Juste assez de physique pour briller en société, par *Joanne Baker*



9 782100 530410

6675250

ISBN 978-2-10-053041-0

19,90 € Prix France TTC

