

Fier d'être père de deux merveilleux garçons, je me prends parfois à leur attribuer des caractères de ma femme ou de moi-même. « Leurs états d'âme viennent de leur mère et leur sens de l'humour de leur père. » Il n'y a aucun doute que nos fils ont hérité d'une combinaison de gènes de leurs parents, et donc que nous avons reçu nos gènes — bons, mauvais ou neutres — de nos propres parents, eux-mêmes les ayant reçus des leurs, et ainsi de suite.

# A l'aube de l'Age du Gène

*Maintenant que nous sommes capables de manipuler les gènes dans une éprouvette, devrions-nous craindre de pénétrer en territoire interdit par le Créateur ?*

George T. Javor

Bien qu'il y ait toujours eu un intérêt pour la génétique, l'étude des gènes semble, ces dernières années, dominer toutes les sciences biologiques.

Les gènes sont aussi entrés dans le domaine public. Ils jouent un rôle important dans l'identification des personnes lors des procès criminels, dans l'étude des maladies et dans de nombreux autres domaines. De temps en temps, les nouvelles nous apprennent l'existence d'un lien entre un gène particulier et une maladie, ouvrant ainsi la possibilité de parvenir à une guérison. Il y a environ deux ans, un gène fut impliqué dans le syndrome de Werner, qui fait que des gens de 20 ans ont des cheveux gris et se retrouvent avec des troubles fréquents chez les personnes âgées. On pense que ce gène est le « Graal » de la recherche sur le vieillissement. Si ce lien s'avère juste, on peut espérer que le vieillissement sera traité dans le futur comme les maladies.

La découverte de nouveaux gènes rend possible la guérison de maladies génétiques. C'est pourquoi nous avons le « Human

Genome Project », l'équivalent en biologie du programme lancé par la NASA pour atterrir sur la lune. Bien que cette entreprise coûte des millions de dollars, les résultats escomptés seront aussi spectaculaires que la première marche sur la lune, et peut-être beaucoup plus utiles. Nous pourrions ainsi nous diriger vers l'« Age du Gène ».

## Qu'est-ce qu'un gène ?

Mais d'abord que sont les gènes ? Quel rôle jouent-ils dans le fonctionnement des organismes ?

Les gènes sont des segments de chromosomes qui produisent des protéines spécifiques. Chacun de nos quelque 100 000 gènes contiennent les données pour obtenir la structure correcte d'une protéine. Nos gènes sont répartis sur 23 paires de chromosomes. Chaque individu hérite de 23 chromosomes de sa mère et de 23 chromosomes de son père ; nous avons donc deux exemplaires de chacun de nos gènes. Les gènes des chromosomes Y déterminant les caractères mâles font exception. Les mâles n'ont qu'un exemplaire de ces gènes et les femelles n'en ont pas.

Les gènes et leurs protéines correspondantes peuvent être comparés à des colliers de perles. Il y a quatre couleurs différentes pour les perles des chromosomes alors que pour les perles des protéines il y en a 20. Ces différentes « couleurs » représentent différentes structures chimiques. Les perles des chromosomes sont appelées « désoxyribonucléotides » (ou plus simplement « nucléotides ») et les perles des protéines sont les « acides aminés ». Trois nucléotides successifs dans le gène sont interprétés, par un mécanisme complexe de traduction dans la cellule, comme un acide aminé spécifique de la protéine correspondant à ce gène. Ainsi une succession de 300 « perles » de chromosomes codent pour 100 acides aminés dans la protéine. Les protéines ont habituellement plusieurs centaines d'acides aminés. La séquence des nucléotides dans le gène détermine l'ordre des acides aminés de la chaîne protéique (voir Figure 1).

Tout comme l'orthographe d'un mot affecte sa signification, l'ordre des acides aminés détermine la fonction de chaque protéine. L'orthographe incorrecte d'un mot peut entraîner une perte de signification. De même, une mauvaise séquence des acides aminés dans une protéine peut entraîner une perte de fonction. La cause la plus fréquente du désordre des acides aminés est un gène altéré (muté). Un gène muté commande continuellement la production de mauvaises protéines, et il est souvent transmis aux générations suivantes.

Est-il grave d'avoir de mauvaises

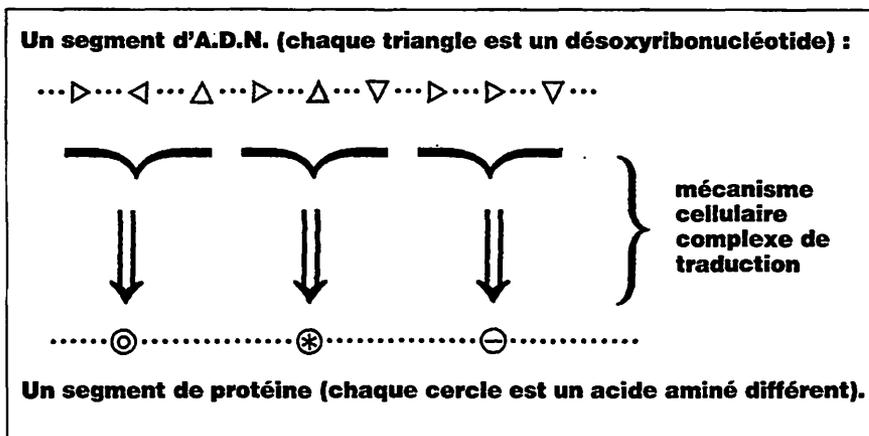


Figure 1

protéines ? La question devient critique quand on considère le vaste champ d'activité de ces substances. Chaque modification chimique dans l'organisme dépend de la présence de catalyseurs protéiques spécifiques. Les protéines constituent la plus grande part de l'infrastructure physique de la matière vivante. Elles participent au transport de l'oxygène et des autres nutriments dans le sang. Le système immunitaire utilise des « anticorps » protéiques dans la défense contre les corps étrangers. Quand les cellules communiquent entre elles, ce sont les « récepteurs » protéiques qui reconnaissent les signaux chimiques.

Les mauvaises protéines sont la cause d'une multitude de maladies. Jusqu'à tout récemment, l'unique moyen dont disposaient les médecins et les patients pour combattre les maladies génétiques était de limiter les dégâts, c'est-à-dire, d'essayer de réduire au minimum les conséquences négatives de la présence d'une protéine défectueuse. Dans le cas de la phénylcétonurie, par exemple, la capacité du nourrisson à métaboliser un acide aminé essentiel, la phénylalanine, est altérée. L'accumulation des substances toxiques provenant de cet acide aminé cause un retard mental chez l'enfant. Aux Etats-Unis, ce défaut métabolique est systématiquement dépisté chez les nouveaux-nés, et si un tel défaut est trouvé, le régime alimentaire du bébé est modifié pour exclure autant que possible l'acide aminé nocif. Ce serait bien mieux s'il était possible de corriger le défaut génétique soit en réparant le gène défectueux soit en le remplaçant par un gène qui fonctionne bien.

### La percée dans le domaine de la génétique

Ces vingt dernières années ont vu une réelle percée dans notre capacité à traiter le problème du matériel génétique. Au début des

années 50 on savait déjà que le constituant chimique des gènes était l'acide désoxyribonucléique ou A.D.N., qui consiste en une succession d'unités formées à partir des quatre types de nucléotides. Si une telle structure était représentée sur papier sous une forme simplifiée, en utilisant les abréviations A, T, G et C pour les quatre nucléotides, nous remplirions un ou plusieurs livres de lignes semblables à celles-ci (l'ordre des nucléotides change continuellement) :

```
-ACTGGTTAGTTCAGTCAT
GAGGTCCAATATAGATCAG
TACGATTTAAGGCAT-
```

Cette monotonie structurale a empêché les scientifiques de scinder l'A.D.N. en fragments plus petits, faciles à traiter et de composition uniforme, et de déterminer l'ordre des nucléotides. La percée est venue avec la découverte des « enzymes de restriction » bactériennes. Ces protéines étonnantes peuvent apparemment reconnaître de courtes séquences de nucléotides uniques dans l'A.D.N. et couper l'A.D.N. à l'endroit voulu. Nous avons donc maintenant les moyens d'obtenir des fragments d'A.D.N. plus courts et de composition uniforme.

D'autres catalyseurs (enzymes) capables de recoller des fragments d'A.D.N. brisé ont été trouvés. Ces découvertes ont ouvert la voie menant au point où nous sommes parvenus aujourd'hui — la capacité de manipuler des gènes particuliers, d'introduire des gènes d'un organisme chez un autre, de recombinaison les parties de différents gènes dans une éprouvette et de déterminer l'ordre de leurs nucléotides.

Le Human Genome Project, lancé en 1988, tente de déterminer la séquence des nucléotides des 24 chromosomes humains (il y a deux chromosomes sexuels différents appelés X et Y ; les hommes ont une paire XY et les femmes une paire XX en plus de

leurs 22 autres paires de chromosomes), dont le nombre de nucléotides est estimé à trois milliards et de localiser les 100 000 gènes dans ces séquences. Les nucléotides des 100 000 gènes constituent en gros deux pour cent du matériel génétique humain. Le rôle des 98 pour cent de l'A.D.N. restants est pour une grande part inconnu. Un des facteurs contrôlés par ces portions de matériel génétique est la quantité de protéines fabriquée. En tout cas, on peut admettre avec certitude que ces portions non géniques sont aussi nécessaires à notre bien-être.

### L'ordre des nucléotides

L'ordre exact des nucléotides de quelques organismes moins complexes a déjà été déterminé. C'est ainsi qu'au printemps 1996 les séquences complètes de la bactérie *Hemophilus influenzae* (1,8 millions de nucléotides) et de la levure (13 millions de nucléotides) ont été établies. Du fait de la taille du génome humain, il faudra quelques années avant que l'ordre complet de ses nucléotides ne soit connu.

Mais de qui connaîtra-t-on la séquence des nucléotides ? Il se trouve que, exceptés les vrais jumeaux, nous sommes différents les uns des autres en moyenne d'un nucléotide pour mille (0,1 %) dans les portions non géniques de notre génome. Le Human Genome Project utilise le matériel génétique d'un nombre relativement peu important d'individus d'origine nord-américaine ou européenne. Ce génome, établi à partir d'un petit nombre, sera la première « norme » à laquelle le génome de tous sera comparé. Il faudra beaucoup de temps avant qu'un nombre suffisant de vérifications génétiques ne nous permettent d'avoir une bonne compréhension de la nature des variations dans le matériel génétique humain.

### Inquiétudes au sujet de la génétique

Il est légitime d'être inquiet par la perspective d'une époque où des individus, dont le profil génétique sort de la « norme », seraient considérés comme des êtres humains de seconde catégorie. La société pourrait même un jour décider que les gens qui ont de « mauvais gènes » représentent une menace à long terme pour le bien-être de l'humanité.

Des « sondes » chimiques existent déjà pour rechercher la signature génétique de certaines maladies liées aux gènes, telles que la maladie d'Alzheimer ou certaines formes de cancer du sein et du côlon. Certaines formes anormales de séquences de nucléotides paraissent être en corrélation avec un facteur de risque accru de ces maladies. Pour quelqu'un qui possède un tel caractère, une connaissance anticipée de ces choses peut

être le signal de l'application de mesures préventives.

D'un autre côté, si la compagnie d'assurances ou l'employeur d'une personne découvre ces facteurs de risque, celle-ci s'expose à perdre son assurance maladie ou son travail. De tels cas font du secret de l'information génétique un sujet de préoccupation important. Sous le prétexte de protéger le bien-être de la société, jusqu'où iront les intrusions dans ce que nous avons de plus intime, notre identité génétique ? Les individus ayant hérité de gènes causant des maladies ont raison d'être amers ; pourquoi devraient-ils supporter les conséquences d'un défaut qui ne vient pas d'eux ? Mais n'est-il pas vrai que nous sommes tous otages de nos gènes ? Si les gènes déterminent notre personnalité et notre intelligence, ne contrôlent-ils pas pour une grande part la qualité de notre vie ?

La réponse est non. Bien qu'une bonne partie de nos qualités physiques et de nos traits de caractère fondamentaux soient contrôlés génétiquement, de nombreux indices montrent que notre environnement, notre mode de vie et notre régime alimentaire sont des facteurs déterminants majeurs de notre bien-être. Ce que nous lisons, entendons, voyons, ressentons, pensons et faisons affecte notre vie. Nous avons le pouvoir de contrôler ou de modifier nos états d'âme, nos pensées et nos actes. Nous ne sommes pas des entités statiques ; nous

changeons continuellement. A mesure que nos sens échantillonnent sans cesse l'environnement et rapportent leurs découvertes à notre système nerveux central, notre cerveau enregistre constamment les nouvelles informations et modifie tout ce qu'il a déjà classé. Le point le plus important est que nos gènes ne sont pas altérés par ce que nous emmagasinons dans notre cerveau. Et c'est le contenu de notre cerveau qui détermine ce que nous sommes.

Une autre préoccupation en génétique vient de la supposition en sociobiologie que tout ce qui se produit en biologie est à l'avantage du génome. Cette théorie suppose que les gènes ont précédé tout le reste et que d'une manière ou d'une autre ils ont poussé le monde biologique à s'organiser dans le but de maintenir et de mettre en valeur le génome. Cette forme de déterminisme biologique permet à certains scientifiques de formuler une grandiose « théorie globale », qui selon eux explique pourquoi les choses sont ce qu'elles sont.

### Génétique et évolution

Cette théorie, comme d'autres fondées sur l'évolution, n'aborde pas la question de l'origine de l'information contenue dans le génome. Qu'il y ait une information dans le génome, on peut difficilement le nier. On estime qu'un micromètre cube d'A.D.N. peut coder 150 mégaoctets d'information. C'est dix fois mieux que la capacité de mémoire optique du CD-ROM habituel. Si la séquence complète des nucléotides de la bactérie du côlon, *Escherichia coli*, était imprimée dans un livre de format classique, il faudrait environ 3 000 pages. Un document de même type contenant les informations du génome humain occuperait une bibliothèque de 1 000 volumes de 3 000 pages chacun.

Il y a une génération, les théoriciens évolutionnistes étaient occupés à décrire un hypothétique monde primordial prébiotique, où le premier organisme vivant a surgi de composants inertes. L'une des lacunes de ces schémas de l'évolution chimique a été l'incapacité de montrer comment les acides nucléiques ont pu se former. Les obstacles sont le défi que représentent la formation de l'indispensable sucre à cinq carbones, le D-2-désoxyribose, en quantité appréciable, la synthèse des quatre désoxyribonucléotides différents et leur interconnexion en séquences appropriées. Mais expliquer la source de l'information biologique résidant dans le génome de tout organisme est un défi non résolu, encore plus formidable, pour ces scientifiques. Le génome comporte des données pour obtenir directement la structure correcte de chaque protéine de l'organisme et la régulation de la quantité et du moment de

leur production. Indirectement, par l'action des protéines, chaque aspect du métabolisme et de l'infrastructure de l'organisme est codé dans le génome. Le niveau d'ingéniosité et de sophistication biochimique observé dans la matière vivante excède de beaucoup tout ce qu'on peut voir dans nos meilleures installations de production.

### La recherche en génétique : un domaine interdit ?

Ceux qui croient en la Bible reconnaîtront rapidement dans le génome la signature du même Créateur qui fit naître l'univers entier. Mais maintenant que nous sommes capables de manipuler les gènes dans une éprouvette, devrions-nous craindre de pénétrer en territoire interdit par le Créateur ?

Dès lors que l'on voit le génome comme une composante du fonctionnement de la matière vivante et non comme une « substance mère », les préoccupations exprimées particulièrement en rapport avec la recherche sur le génome peuvent être étendues à toute recherche biologique. Le récit biblique cite le Créateur s'adressant ainsi aux premiers humains : « Soyez féconds, multipliez-vous, remplissez la terre et soumettez-la » (Genèse 1 : 28, Second révisée). Toute recherche biologique peut entrer dans cette catégorie de « domination sur la création », puisque la compréhension de la nature est nécessaire à son utilisation efficace.

Les gènes, en particulier, ont été manipulés depuis des temps immémoriaux par croisements sélectifs. Tant que les nouvelles connaissances obtenues par la recherche sont utilisées pour améliorer la santé et le bien-être des individus et des sociétés, nous pouvons être sûrs qu'elles restent dans le cadre biblique. Par contre, la recherche axée sur l'exploitation de systèmes biologiques dans un but destructif nous met sur une voie totalement contraire à celle du Créateur. A l'aube de l'âge des gènes nous faisons face à des problèmes qui ne sont pas différents de ceux qui se sont présentés quand nous sommes entrés dans l'âge atomique. On peut se poser la question : sommes-nous plus sages maintenant ?

George T. Javor (Ph.D., Columbia University) enseigne la biochimie à Loma Linda University. Il a publié des articles sur certains aspects de la physiologie de *Escherichia coli* et sur les arguments biochimiques en faveur du créationnisme, ainsi que les livres *Once Upon a Molecule* et *The Challenge of Cancer*. Son adresse : Loma Linda University School of Medicine ; Loma Linda, California 92350 ; U.S.A. E-mail : Internet : gjavor@cmail.llu.edu

### Pour aller plus loin

#### Sur les implications de l'Humane Genome Project

• Carl F. Cuvillier, éd., *Are Genes Us ? The Social Consequences of the New Genetics* (New Brunswick, N.J. : Rutgers University Press, 1994).

• R. C. Lewontin, S. Rose, et L. J. Kamin, *Not in Our Genes : Biology, Ideology, and Human Nature* (New York : Pantheon, 1984).

• *Manipulations génétiques : une réponse* *Avantiste - Dialogue Universitaire* 8 : 2 (1996) p. 32-34.

#### Sur la sociobiologie

• Carl F. Cuvillier, éd., *The Sociobiology Debate : Readings on Ethical and Scientific Issues* (New York : Harper & Row, 1978).

• Ronald Carter, « La morale dépend-elle des gènes ? » *Dialogue Universitaire* 5 : 3 (1993) p. 5-8.

#### Sur l'évolution chimique

• D.B. Thaxton, W. L. Bradley, et R. L. Olsen, *The Mystery of Life's Origin : Reassessing Current Theories* (New York : Philosophical Library, 1984).