

il se persuade de l'importance biologique du transfert de l'information génétique et se lie d'amitié avec F. Crick. J. Watson a toujours besoin de discuter et F. Crick, de parler. Les premières images aux rayons X de l'ADN ont été faites par Rosalind Franklin et Maurice Wilkins, à Londres. Nos deux bravados se les procurent, cherchent à les interpréter, et pensent que ce doit être une hélice. Durant deux ans, ils s'évertuent à en imaginer la structure.

L'hélice est une structure biologique connue, en particulier par Linus Pauling, car elle s'accommode des liaisons faibles qui sont la règle en biologie. De nombreuses protéines ont cette structure. Il est étonnant que Pauling n'ait pas découvert la structure de l'ADN. Les raisons sont, pour une part politiques. Pauling ne peut communiquer avec la communauté biologique européenne parce qu'il est cloîtré aux États-Unis : en plein maccarthysme, Linus Pauling, contre la guerre froide et la course aux armements, subit les foudres du FBI, et son passeport lui est confisqué.

On pense alors que l'ADN est une sorte de polymère, analogue au nylon, avec les bases A, T, C, G, qui se répètent de façon monotone, sans qu'information spécifique à l'individu soit contenue dans la répétition. J. Watson et F. Crick cherchent «à tâtons» la bonne structure et réussissent : ils placent les deux hélices l'une en face de l'autre, avec, au contraire de Pauling, les phosphates à l'extérieur (les phosphates, chargés, peuvent interagir avec l'eau, avec les sels, ce qui neutralise leur répulsion) et les bases, qui elles ne sont pas chargées, sont appariées, A en face de T et C en face de G. Après de multiples discussions dans les bars de Cambridge et des essais avec des boîtes de cornflakes et des fils de fer, nos comparses sont certains, à juste titre, d'avoir la bonne configuration.

Les travaux de Chargaff ont aussi inspiré nos deux héros. Chargaff, chimiste sérieux (pléonasme) avait remarqué que le rapport AT/CG, donc l'ensemble A + T divisé par l'ensemble C + G, était varié suivant les espèces, mais que les concentrations en adénine et en thymine, comme celles de cytosine et de guanine, étaient toujours égales. Le modèle de J. Watson et F. Crick explique ces proportions.

J. Watson décrit alors, par lettre, à Delbruck et Luria, ce qu'il a découvert en une nuit et proclame à ses conquêtes féminines : «Je vais avoir le prix Nobel.» L'article sur la structure de l'ADN est écrit et envoyé à *Nature* en avril 1953, avec un article de M. Wilkins expliquant les structures, et un de R. Franklin qui décrit les images aux rayons X. Il est inattendu, de publier un article sans une seule



Francis Crick, à gauche, et James Watson sourient d'aise devant leur montage de l'ADN.

Archive Photos

expérience, les seules expériences étant prises dans les deux articles qui suivent... J. Watson n'en est pas à une incongruité près.

Le grand mérite de J. Watson et F. Crick est d'avoir dissocié la molécule d'ADN portant l'information, des molécules produits de l'information, les protéines. Cette idée d'une dissociation de la nature des molécules portant et produisant l'information avait déjà été émise, en 1942, par un autre physicien, Schrödinger. On trouve ici un autre inattendu : ce ne sont pas toujours les biologistes qui font les découvertes en biologie, ce sont souvent des scientifiques d'une autre discipline qui apportent de nouvelles idées. Les biologistes n'ont pas toujours un recul suffisant pour découvrir le fondement des choses. Cette découverte montre aussi l'importance des techniques physiques pour étudier le vivant. Le siècle prochain sera certainement le siècle de la biologie, et les biologistes continueront à tirer profit des approches physiques.

LA CRÉATION DE L'ADN

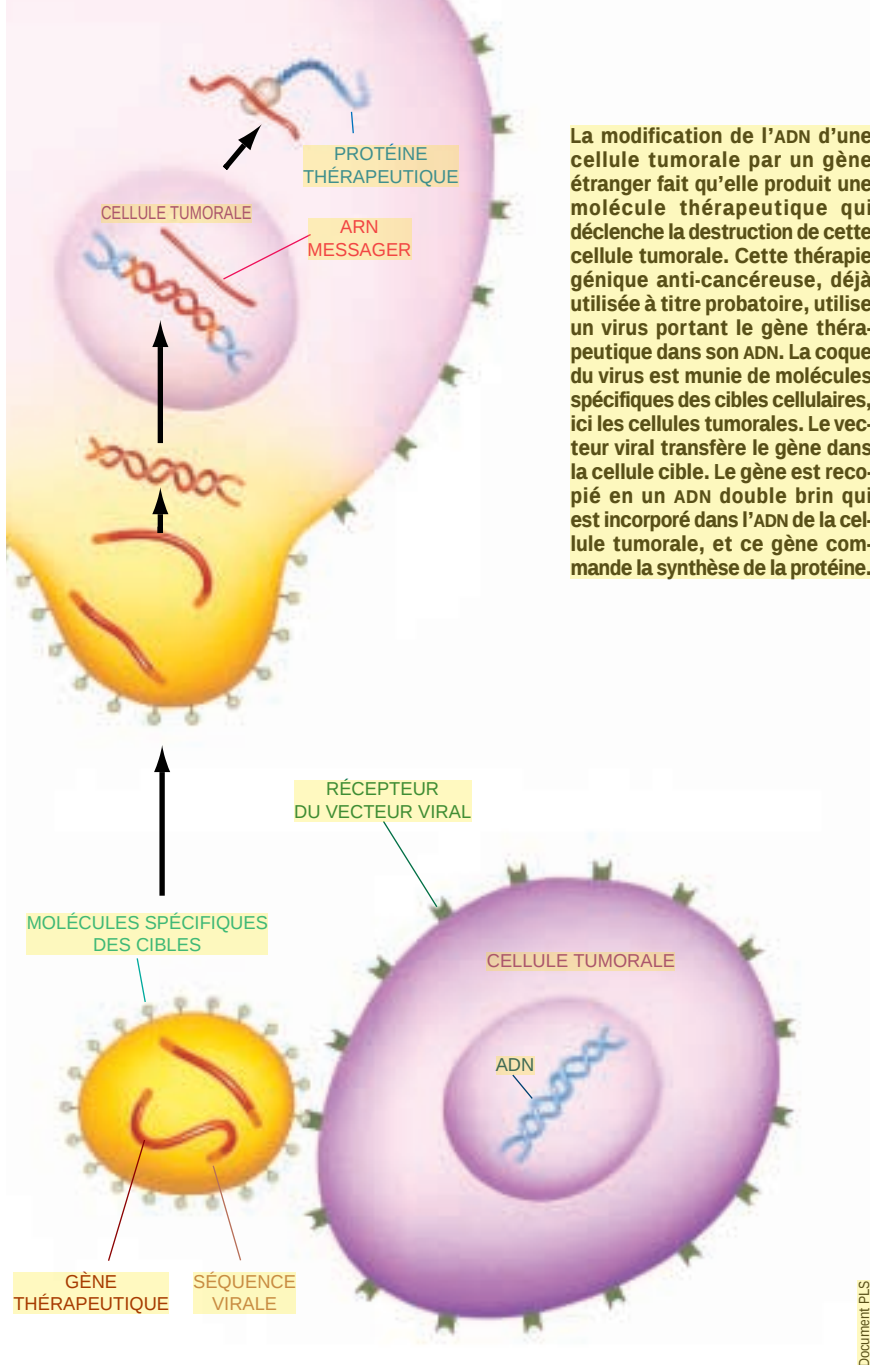
Le mystère de la vie n'en reste pas moins entier. Connaissant la première molécule d'ADN, il serait possible d'imaginer tout l'ensemble de la vie ; le problème est de savoir comment est apparue cette molécule. La Terre s'est constituée il y a quatre milliards et demi d'années : elle est alors trop chaude pour permettre la vie. Elle se refroidit et, il y a trois milliards et demi d'années, apparaît la vie. Au départ, pense-t-on, il y a des protéines, des acides ribonucléiques qui se sont associés pour élaborer la première molécule d'ADN. Comme celle-ci peut se recopier auto-

matiquement et sans erreurs, la vie peut évoluer. Sans la molécule d'ADN, il n'y a pas d'évolution possible, pas de vie. L'astrophysicien Fred Hoyle et F. Crick prétendent, faute d'un mécanisme de génération endogène, que l'ADN est issu d'une autre planète, voire d'un autre Système solaire. La question reste ouverte, et elle est importante.

Après F. Crick et J. Watson, F. Jacob, J. Monod et A. Lwoff, à l'Institut Pasteur, élucident, vers 1960, le «grand passage» de l'information génique au produit du gène. L'ADN utilise, pour transmettre son information, l'ARN messager, et la traduction de cet ARN messager donne les protéines. Pour cette découverte, le prix Nobel leur est décerné en 1965. C'est un grand moment pour la France qui est dans une situation scientifique désastreuse : entre les deux guerres, la recherche a été étouffée par le conventionnalisme.

LES PROLONGEMENTS INATTENDUS

F. Crick et J. Watson ont pressenti l'apport de la découverte de l'ADN au mécanisme de l'évolution darwinienne. Il était clair que le produit de l'information, les protéines, ne pouvait modifier le support de l'information, le génome. Cette vision lamarckienne dévoyée, le lissenkisme stalinien contre lequel s'est courageusement battu Jacques Monod n'a été éradiquée que grâce aux apports de la biologie moléculaire. Ce n'est pas la fonction qui crée l'organe, c'est la sélection d'un petit avantage qui est apparu avec de nouveaux gènes où une, deux ou trois bases ont été changées.



Un avantage minime a des répercussions notables, une population de bactéries double sa population toutes les 20 minutes. Si une bactérie mutante se divise en moyenne toutes les 19 minutes 59 secondes, l'avantage est une seconde sur 20 minutes, ce qui ne semble pas beaucoup, mais cette bactérie va devenir prépondérante et l'autre va disparaître. L'inattendu est que des différences minimales l'emportent vite.

Pour cette raison, la découverte de l'ADN est la plus grande découverte de ce siècle. Elle explique à la fois le recopiage parfait de l'information et le brassage génétique : notre appartenance à une espèce est identifiable et nous sommes tous différents.

L'étonnant est que plus qu'un constat explicatif, la connaissance permet l'action : qui aurait pensé, en 1953, que la découverte de la structure de l'ADN et la

lecture du génome permettraient aux biologistes d'écrire la vie ? On sait fabriquer des animaux transgéniques, modifier le soja, on sait, par la mécano-génétique, transformer le génome pour, par exemple, faire fabriquer des médicaments à des animaux. On pourrait, dans une certaine mesure, modifier l'espèce.

BIOLOGISTES PYGMALIONS

Des espèces disparaissent par les processus de sélection naturelle, d'autres se créent. Les disparitions sont-elles une menace pour l'équilibre du monde vivant ? Si l'homme fait disparaître des espèces, il est aussi capable de créer autant d'espèces qu'il veut. La domestication des animaux et l'agriculture ont fait évoluer les espèces vivantes. Darwin avait noté qu'on pouvait sélectionner des animaux

pour choisir ceux qui se reproduisaient mieux que les autres, et cela l'avait troublé. C'est grâce à l'enseignement de cette sélection pratiquée depuis toujours, que Darwin a précisé sa théorie de la sélection naturelle des espèces.

L'homme saura-t-il maîtriser la technique qu'il apporte ? Oui. L'homme est assez malin pour résister à des tentations ridicules. Dans les années 1970, peu de temps après la découverte de ces enzymes de restriction, de ces ciseaux qui permettent de manipuler l'ADN, les scientifiques se sont inquiétés : allait-on créer des bactéries résistantes à tout et qui détruiraient l'humanité ? Pendant trois ans, les expériences de génie génétique n'ont porté que sur la préparation de souches de bactéries qui, en dehors des conditions particulières de laboratoire, étaient incapables de pousser ailleurs. Les conditions de sécurité ont été contrôlées par les scientifiques eux-mêmes, qui ne voulaient exposer, ni eux-mêmes, ni leur semblables, à des risques inutiles résultant d'un effet inattendu.

Le but de la recherche, c'est la quête de l'inattendu, mais le dangereux doit être maîtrisé et l'intolérable aboli. On ne doit ainsi pas transformer les cellules germinales humaines qui modifieraient les générations futures. Nous avons bien sûr des maladies génétiques que nous pouvons transmettre à nos enfants, et nous espérons corriger ces maladies par une thérapie, mais la loi naturelle nous interdit de toucher aux cellules germinales et, partant, de modifier l'espèce humaine. D'autant que, paradoxalement, certaines mutations, qui paraissent défavorables, se révèlent bénéfiques. La malaria tue parce que le plasmodium pénètre dans les globules rouges, dévore l'hémoglobine et se reproduit. Les individus qui ont une forme d'hémoglobine mutée, qu'on appelle l'hémoglobine falciforme, ne sont pas atteints car le plasmodium est incapable de consommer leur hémoglobine : aussi, une légère anémie protège de la malaria. Garder ce qu'on peut appeler une tare héréditaire protège la population de la malaria.

Il est ainsi encore très difficile de séparer le bon grain de l'ivraie génétique, mais que de chemins parcourus !

Jean ROSSIER est professeur de biologie à l'École Supérieure de Physique et Chimie de Paris et Directeur de recherches au CNRS. Ce texte est une transcription du débat enregistré, avec Émile Noël, au Palais de la Découverte. Ce débat sera diffusé sur France Culture le 8 janvier 1997, à 9h05.