

probablement : en attribuant à Mendel la découverte fondamentale, ils réglaient ainsi un difficile problème de priorité.

La génétique se développe ensuite, simultanément, dans de nombreux pays. Elle se transforme, aussi, rapidement. En 1900, elle est une science d'observation et de prédiction de l'effet des croisements, elle n'est pas une science explicative. Elle n'apprend rien sur la nature du «matériel héréditaire», ni sur les mécanismes qui contrôlent la formation des caractères. Plusieurs des «pères de la génétique», et Thomas Morgan lui-même, qui est pourtant le premier à travailler sur la petite mouche drosophile et qui va fonder, aux États-Unis, dès 1910, l'école de génétique la plus dynamique, sont assez réticents à tenter d'identifier le support de l'hérédité.

L'attitude des premiers généticiens vis-à-vis des gènes ressemble à celle de beaucoup de chimistes vis-à-vis de l'atome quelques décennies plus tôt : certains chimistes acceptèrent le concept d'atome, car il permettait de prédire de nombreux phénomènes, mais ils refusèrent de transformer ce concept en un objet. Les raisons de cette attitude étaient multiples : prudence, influence de la philosophie empiriste, très répandue parmi les scientifiques à la fin du XIX^e siècle, qui recommandait de se méfier des concepts superflus, ou peur de la part de certains biologistes de revenir aux errements des préformationnistes qui, quelques siècles plus tôt, supposaient que les êtres vivants étaient entièrement préformés dans les organes reproducteurs de leurs parents, qu'ils existaient déjà terminés sous forme d'un homonculus minuscule, et qu'ils ne faisaient que se développer durant la grossesse. Toutes ces raisons se conjuguèrent sans doute pour donner à la jeune génétique un caractère formel, quelque peu désincarné, contrastant fortement avec les autres branches de la biologie.

L'histoire de la génétique pendant la première moitié du XX^e siècle est un lent processus d'objectivation du gène : localisation sur le chromosome, identification à une molécule d'acide nucléique et, enfin, démonstration de sa capacité à coder une protéine qui participe à l'une des multiples fonctions inhérentes à la vie cellulaire.

Cette difficulté à comprendre la structure et la fonction des gènes explique en partie l'isolement de la génétique pendant ses premières années d'existence. Le rapprochement avec les autres disciplines biologiques fut lent et progressif. À la fin des années 1930, les modèles des généticiens se combinèrent à la théo-

rie darwinienne de l'évolution pour engendrer le néo-darwinisme, ou théorie synthétique de l'évolution. Celle-ci propose que l'évolution des formes vivantes résulte de mutations de petite amplitude, apparaissant spontanément chez les êtres vivants et transmises selon les lois de Mendel, et de la sélection naturelle de ces mutations au cours des générations. Le rapprochement avec l'embryologie fut encore plus difficile, et ce n'est qu'au début des années 1980 que s'est pleinement épanouie la génétique du développement.

UNE DISCIPLINE ISOLÉE, MAIS AUTONOME

Cet isolement de la génétique n'a pas eu que des effets négatifs : en Grande-Bretagne ou aux États-Unis, notamment, il a favorisé l'autonomisation de cette discipline et son développement rapide. La petite mouche drosophile choisie par Morgan était un matériel expérimental exceptionnel : peu consommatrice de nourriture, se reproduisant rapidement, elle permettait, avec un investissement matériel et financier limité, d'observer en peu de temps l'effet de centaines de croisements différents. Les résultats ainsi établis furent transposés à d'autres espèces animales et végétales.

Ce schéma de développement, c'est-à-dire une autonomisation et une croissance rapide, suivies de l'établissement difficile de relations avec les autres branches de la biologie, n'a pas été général. En Russie, par exemple, les approches de la génétique furent très tôt appliquées à l'étude des populations animales en milieu naturel, ouvrant ainsi la

voie au rapprochement entre génétique et théories de l'évolution. De même, plusieurs mutations perturbant la formation de la drosophile ont été décrites précisément par les généticiens russes, qui tentèrent de les expliquer par le schéma de développement de cet organisme. Ces travaux furent brusquement arrêtés lorsque la génétique fut critiquée comme science bourgeoise et réactionnaire, à laquelle on substitua la théorie lyssenkiste, forme caricaturale du néo-lamarckisme. La génétique semblait figer le devenir des formes vivantes et, en particulier, de l'homme ou, du moins, rendre ce devenir aléatoire et incontrôlable. À l'opposé, le lamarckisme, en proposant que le milieu puisse transformer, de manière stable et transmissible, les formes vivantes, laissait à l'homme un large champ d'action sur les espèces vivantes, animales ou végétales, et sur lui-même : la transformation de l'homme par l'homme restait possible. Toutefois, les premiers travaux russes ne furent pas entièrement oubliés : grâce à plusieurs savants qui émigrèrent aux États-Unis, comme Theodosius Dobzhansky, ces spécificités de la génétique russe furent importées dans la génétique américaine.

En Allemagne, les études de génétique n'ont pas été séparées des travaux de physiologie ou d'embryologie : la modicité des moyens attribués à la recherche allemande, du fait de la crise économique, et la rigidité du système universitaire germanique ont rendu impossible l'autonomisation de la discipline. De surcroît, la biologie allemande fut décapitée en 1933, lors de l'arrivée au pouvoir des nazis, ce qui assura le succès sans partage de la génétique «morganienne».



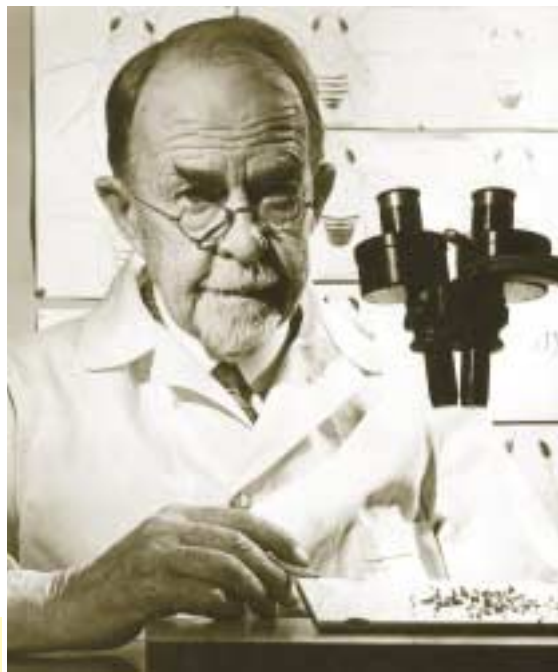
Le botaniste de Vries, ici procédant à des fécondations et à des croisements de fleurs, a activement participé à la redécouverte des lois de Mendel.

LA MENACE
EUGÉNISTE

En France, plus encore même qu'en Allemagne, l'autonomisation de la génétique fut lente. La première chaire de génétique ne fut créée dans notre pays qu'après la Seconde Guerre mondiale. Ce rejet de la génétique est souvent considéré comme la suite logique, mais regrettable, du mauvais accueil réservé au darwinisme à la fin du XIX^e siècle et comme la conséquence d'une forte tradition lamarckienne. En fait, la situation était plus complexe. Dès 1902, le biologiste français Lucien Cuénot est le premier à montrer que les lois de Mendel établies sur les végétaux s'appliquent aussi aux mammifères. La plupart des biologistes français, tel Maurice Caullery, ne rejettent pas le mendélisme, mais lui attribuent une importance moindre que celle d'autres mécanismes essentiels pour le développement embryonnaire.

Enfin, la contribution des biologistes français Georges Teissier, Philippe L'Héritier et Gustave Malécot au développement de la génétique des populations commence seulement aujourd'hui à être pleinement reconnue. De plus, l'attention portée par beaucoup de biologistes français à la physiologie et aux capacités d'adaptation des organismes vivants, héritée de Claude Bernard, fut essentielle pour le développement des travaux sur la régulation génétique de l'école française de biologie moléculaire, représentée par André Lwoff, François Jacob et Jacques Monod. Ces travaux permettaient de comprendre comment l'activité des gènes pouvait être modifiée par des signaux venus de l'extérieur de la cellule, ou même de l'organisme. Considérés comme les plus «élégants» de l'histoire de la biologie moléculaire, ils constituèrent, dans les années 1980, le socle de la génétique du développement.

Les biologistes français, qui ont quelque peu dédaigné la génétique et opté pour un modèle lamarckien d'évolution, ont généralement échappé aux errements eugénistes. L'eugénisme n'est pas une conséquence directe de la génétique, puisque les idéologies eugénistes, visant au contrôle de la reproduction humaine, ont accompagné l'humanité depuis l'Antiquité. La «science de l'eugénisme» a été fondée par Galton à la fin du XIX^e siècle, avant même l'essor de la génétique. Beaucoup de généticiens ont crû qu'ils devaient apporter leurs compétences au service des projets eugénistes, certains par conviction personnelle qu'une politique eugé-



Thomas Morgan a été l'un des premiers à entrevoir le potentiel qu'offrait la drosophile pour l'étude des gènes.

niste était nécessaire pour lutter contre la dégradation du «patrimoine» génétique humain (pour reprendre une expression actuelle), d'autres, sans doute, par opportunisme et dans l'espoir d'attirer ainsi vers eux attention et financements.

Aujourd'hui comme hier, les gènes fascinent. Montaigne s'étonnait déjà dans *Les Essais* que sa propension à avoir des calculs rénaux lui ait été transmise par son père des décennies plus tôt, alors que ce dernier n'en avait pas encore lui-même souffert. Quel mystère et quelle puissance dans cette goutte de semence ! Logés au cœur de chacune de nos cellules, les gènes semblent être les témoins fidèles de notre passé biologique et les organisateurs de notre devenir. L'étude des gènes permet de reconstituer l'histoire du peuplement de la terre par *Homo sapiens sapiens*. La lecture de la séquence de certains de nos gènes annonce la survenue de telle ou telle maladie. Demain peut-être, demain sans doute, elle nous autorisera à connaître, dès la naissance, certaines des caractéristiques physiologiques ou psychologiques fondamentales des êtres humains.

Paradoxalement, plus la connaissance des produits des gènes progresse, plus la relation entre les gènes et les caractères apparaît compliquée. Les produits élémentaires de nos gènes s'assemblent en réseaux et en machines moléculaires complexes, nichées au sein de nos cellules. Les mêmes composants élémentaires participent à des fonctions très diverses. Les fonctions les plus complexes de l'organisme reposent sur les propriétés de milliers de cellules, elles-mêmes constituées

de centaines de composants élémentaires différents, dont bien peu sont spécifiques de la fonction considérée. Intervention multiple des mêmes gènes dans des mécanismes différents, participation de plusieurs gènes semblables à la réalisation d'un même mécanisme : tous ces phénomènes connus depuis les débuts de la génétique, mais dont les travaux récents ont souligné l'importance, donnent au pouvoir des gènes des caractéristiques bien particulières.

Les approches de l'ère post-génomique, où nous entrons aujourd'hui après que la structure de l'ensemble des gènes de plusieurs organismes vivants a été déterminée, tiennent compte des observations précédentes. En s'appuyant sur de nouvelles technologies comme les biopuces à ADN, les biologistes vont étudier simultanément l'activité de l'ensemble des gènes de l'organisme. L'objectif est de remplacer le réductionnisme étroit de

la génétique classique, qui mettait en relation les différentes caractéristiques d'un organisme vivant avec l'activité d'un ou de quelques gènes, par une vision plus globale, où les états de fonctionnement de la cellule ou de l'organisme seront reliés à des «cartes» d'activité génique.

Cette nouvelle génétique, aujourd'hui en gestation, représentera sans nul doute une révolution profonde dans notre connaissance des êtres vivants. Elle aura le mérite d'écarter les fantasmes de la recherche «du» gène de l'intelligence ou de l'homosexualité. Elle ne retirera rien, au contraire, au pouvoir des gènes.

Il faudra apprendre à naviguer entre l'eugénisme et l'angélisme de ceux qui déniaient tout pouvoir aux gènes, et se convaincre que les gènes sont ce qui nous permet d'être humain, non ce qui détermine quelle femme ou quel homme nous serons. Chacun de nous porte un ensemble de formes de gènes différentes, qui nous donnent des aptitudes différentes. À nous de développer ces aptitudes et de pallier nos inaptitudes. Notre égalité en tant qu'êtres humains ne repose pas sur l'identité de nos capacités et de nos gènes, mais sur la liberté que chacun de nous a de développer au mieux ses propres capacités.

Michel MORANGE travaille dans le Laboratoire de génétique moléculaire à l'École normale supérieure de Paris. Il a participé à l'organisation du colloque de l'Académie des sciences et de l'Institut de France 1900, *Redécouverte des lois de Mendel*, qui s'est tenu du 23 au 25 mars 2000.