

BIOLOGIE MOLÉCULAIRE ET CULTURES BRITANNIQUE,
FRANÇAISE ET AMÉRICAINE

Pnina Geraldine Abir-Am

ERES | « [Revue internationale des sciences sociales](#) »

2001/2 n° 168 | pages 207 à 219

ISSN 0304-3037

ISBN 9782865868926

Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://www.cairn.info/revue-internationale-des-sciences-sociales-2001-2-page-207.htm>

Pour citer cet article :

Pnina Geraldine Abir-Am, « Biologie moléculaire et cultures britannique, française et américaine », *Revue internationale des sciences sociales* 2001/2 (n° 168), p. 207-219.
DOI 10.3917/riss.168.0207

Distribution électronique Cairn.info pour ERES.

© ERES. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Biologie moléculaire et cultures britannique, française et américaine

Pnina Geraldine Abir-Am*

Introduction

La biologie moléculaire, ou étude des problèmes biologiques au niveau macromoléculaire (à la différence des autres niveaux de l'ordre biologique comme celui de l'organisme ou de la cellule), est par essence une science du xx^e siècle. En tant que mégadiscipline nouvelle, intégratrice, interdisciplinaire et internationale qui exerce un impact profond et de plus en plus marqué sur la société, elle a connu dans son histoire trois grandes phases, dont chacune a été surtout influencée par une science exacte : la chimie, la physique et les mathématiques (Abir-Am, 1992-1993, 1997 ; Morange, 1998 ; De Chadarevian et Kamminga, 1998).

Pendant le premier tiers du xx^e siècle, et dans une certaine mesure jusqu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale, c'est la chimie qui a exercé la plus forte influence sur la biologie moléculaire. Très puissante et crainte du fait des résultats remarquables qu'elle avait permis d'atteindre pendant la Première Guerre mondiale dans la production industrielle d'armements et d'aliments à l'échelle nationale, surtout en Grande-Bretagne et en Allemagne, la chimie a apporté à la biologie une méthodologie de recherche qui avait précédemment donné des résultats impressionnants en chimie organique. Elle a aussi imposé partout la problématique de la structure, de la fonction et des réactions métaboliques des composés biologiques, notamment des

enzymes polyvalents et autres protéines (Holmes, 1991, 1993 ; Kornberg, 1989 ; Kohler, 1982 ; Fruton, 1972). Cette phase de molécularisation de la biologie est surtout connue sous le nom de « biochimie ». C'était le terme utilisé de préférence en Grande-Bretagne ; des variantes telles que « chimie physiologique » ou « chimie biologique » ont également eu cours, respectivement en Allemagne et aux États-Unis ; en France, on parlait à la fois de biochimie et de chimie biologique. Cette phase a surtout été marquée par l'isolation de nombreux enzymes et la découverte de modes de métabolisme intermédiaire.

De façon similaire, au cours du deuxième tiers du xx^e siècle, mais spécialement entre la fin de la Seconde Guerre mondiale et la fin des années soixante, c'est la physique qui a remplacé la chimie en tant que source hégémonique de méthodologie de recherche et en tant que domaine scientifique.

Des technologies physiques, surtout la cristallographie rayons X, ont transformé la problématique structure-fonction, qui était précédemment axée sur la polyvalence physiologique et biochimique des protéines, pour l'orienter sur la capacité des acides nucléiques à coder de l'information biologique.

Parmi les acquis les plus remarquables de cette phase, on citera la découverte de la structure de l'ADN au début des années cinquante, le modèle de type opéron de la régulation génétique et le code génétique au début des années soixante (Olby, 1974 ; Judson, 1979 ; Sarkar, 1998).

Pnina G. Abir-Am est professeur invité à l'Université de Californie de Berkeley. Adresse électronique : pgabiram@socrates.berkeley.edu. Elle coordonne également un projet de vulgarisation scientifique par le théâtre, en collaboration avec le Département d'enseignement des sciences de l'Université hébraïque de Jérusalem. Parmi ses derniers travaux, on citera : *Commemorative Practices in Science: Historical Perspectives on the Politics of Collective Memory*, publié avec la collaboration de Clark A. Elliott en 1999.

Enfin, lors du troisième tiers du *xx^e* siècle, en particulier après le moratoire sur la recherche en génie génétique et en biotechnologie déclaré lors de la conférence d'Asilomar en 1975, l'informatique et les mathématiques appliquées ainsi que la bio-informatique ont remplacé la physique pour définir les frontières de la biologie moléculaire. Au cours de cette phase, qui dure encore à présent, une des principales méthodes de recherche s'appuyait essentiellement sur les technologies informatiques et les bases de données automatisées à grande échelle. Elle a transformé la problématique informationnelle, autrefois axée sur la capacité spécifique des acides nucléiques à coder les protéines, en une problématique à la fois structurelle et fonctionnelle orientée vers la cartographie du génome entier d'organismes emblématiques, y compris les êtres humains, vers le séquençage des gènes et, tout récemment, la génomique structurelle ou l'élaboration prévisionnelle de médicaments fondées sur la forme des protéines. En même temps, elle s'appuyait sur la génomique fonctionnelle, qui avait constitué la phase initiale du projet sur le génome humain, lequel avait atteint le stade du « texte final » au deuxième semestre 2000. La découverte des gènes de plusieurs maladies héréditaires dans les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix et la fabrication de médicaments génétiquement modifiés comme l'insuline ont été au nombre des conquêtes les plus remarquables de cette phase, mieux connue sous le nom de biologie moléculaire appliquée ou biotechnologie (Wright, 1994 ; Rabinow, 1999).

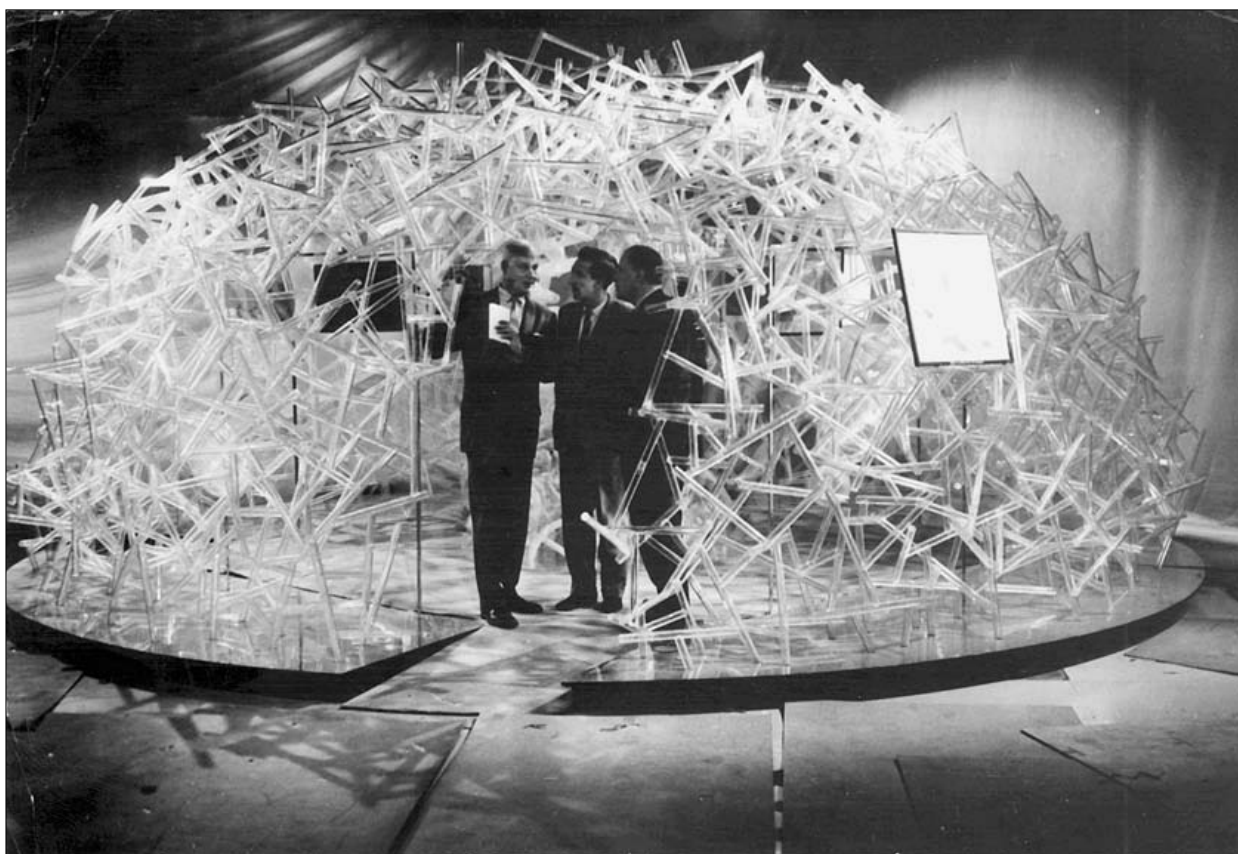
Si l'on considère ces phases du développement de la biologie moléculaire, la question demeure du rôle éventuel que les cultures nationales ont joué dans l'essor de cette discipline, qui est passée du stade des projets de recherche secondaires dans les années trente au statut de discipline de premier plan au *xxi^e* siècle. Les recherches historiographiques menées depuis le milieu des années quatre-vingt font apparaître que trois pays ont joué un rôle essentiel dans l'essor de la biologie moléculaire, chacun se montrant à l'avant-garde scientifique à une décennie différente. C'est la Grande-Bretagne qui a tenu le premier discours sur la biologie moléculaire dans les années trente ; les États-Unis l'ont rejointe avec de nouveaux programmes de recherche dans les années quarante, et la France est apparue dans les années cinquante capable de faire une synthèse théorique de la contribution essentiellement

structurelle de la Grande-Bretagne et de l'effort essentiellement informationnel des Américains (Abir-Am, 1992, sur la phase britannique ; Abir-Am, 1998, sur la phase américaine ; Abir-Am, 1999, et Morange, 1998, sur la phase française ; notamment avec des comparaisons avec la phase américaine).

L'auteur du présent article s'attache à montrer comment chaque culture nationale a contribué à l'essor de la biologie moléculaire. L'impact de la culture nationale sur cette discipline nouvelle est passé dans chaque pays par des instituts de recherche ou des groupes éphémères réunis autour de scientifiques de premier plan, qui ont incarné à la fois le patrimoine scientifique de chaque institut et les valeurs de la culture nationale où telle ou telle école était apparue (Abir-Am, 1992-1993, 1997, 1999). Ces instituts de recherche avaient dans un premier temps adopté des stratégies de recherche novatrices mais marginales, à la limite des disciplines officielles, mais ils ont pu ensuite tirer parti d'évolutions interdisciplinaires favorables dans le domaine de la politique scientifique, avant comme après la Seconde Guerre mondiale, pour occuper enfin une place importante dans leur communauté scientifique nationale.

Par exemple, nous examinerons le rôle de la culture britannique aux débuts de la biologie moléculaire en Grande-Bretagne dans les années trente. Nous chercherons à expliquer pourquoi la culture américaine a été particulièrement à même de promouvoir des disciplines nouvelles comme la biologie moléculaire pendant les années quarante. Nous ferons aussi ressortir le rôle de la culture française, qui a rendu possibles les résultats exceptionnels de la biologie moléculaire en France pendant les années cinquante. Nous nous demanderons aussi si ces périodes distinctes d'influence d'une culture nationale sur la biologie moléculaire restent possibles dans le contexte de la mondialisation en profondeur à l'œuvre depuis les années quatre-vingt-dix.

La question se pose aussi de savoir si l'influence d'une culture nationale sur une science nouvelle est venue essentiellement de sa culture politique ou si elle est aussi le fruit de la culture – ou plutôt de la sous-culture – des intellectuels, en particulier des intellectuels engagés. Dans ce cas, comment les intellectuels engagés en général, et les scientifiques (notamment les spécialistes de biologie moléculaire) en particulier, se sont définis dans ces trois pays lors des grands



Un édifice de tubes en plastique représentant la cellule humaine agrandie, dans un congrès international en 1959. Keystone.

débats du xx^e siècle, par exemple sur l'essor du communisme d'État dans les années vingt, sur l'essor du fascisme d'État dans les années trente, sur la grande migration intellectuelle qui a suivi les années trente, sur la Seconde Guerre mondiale, sur la guerre froide, en particulier dans les années cinquante, sur les mouvements de libération de la femme et antiracistes des années soixante, sur Mai-68, sur l'accès du tiers monde au statut de grand protagoniste international, en particulier avec la guerre du Viet Nam et la Révolution culturelle en Chine et, enfin, sur la mondialisation qui se poursuit sous nos yeux.

En dehors de l'impact exercé par la culture politique, la culture scientifique institutionnelle de chaque pays a joué un rôle dans la formation des futurs responsables et membres des instituts de recherche en biologie moléculaire. En Grande-Bretagne, la culture particulière des anciennes universités et de certains collèges et laboratoires en leur sein a eu une influence nette sur les fondateurs de la biologie moléculaire. En France, ou

plutôt à Paris, c'est le croisement des cultures opposées des sorbonnards et des pasteurien qui a suscité le développement de la biologie moléculaire. Aux États-Unis, les cultures régionales ont joué un certain rôle, en particulier les institutions qui traduisaient des spécificités régionales (Côte Est, Middle-West, Pacifique).

Certaines découvertes semblent avoir été tributaires de contextes culturels spécifiques, et il est probable qu'elles n'auraient pu se faire ailleurs. Ainsi de la mise au jour des premières structures des protéines par la cristallographie rayons X en Grande-Bretagne, de la découverte de la lysogénie en France et du déchiffrement biochimique du code génétique aux États-Unis. En revanche, d'autres découvertes semblent avoir eu besoin d'un contexte transnational et donc transculturel. Il faut également tenir compte de l'interaction des cultures britannique, française et américaine dans les grandes découvertes qui ont été faites en biologie moléculaire. C'est ainsi que la double hélice est due à une collaboration améri-

cano-britannique, l'expérience *pa-ja-ma* et la théorie allostérique sont les fruits d'une collaboration franco-américaine, tandis que l'ARN-messager a été l'aboutissement d'une collaboration franco-américano-britannique.

La culture britannique et l'essor de la biologie moléculaire dans les années trente

On peut distinguer dans le rôle d'avant-garde de la culture britannique aux origines de la biologie moléculaire dans les années trente trois aspects : *a) un rôle politique*, en ce sens que c'est un gouvernement d'unité nationale qui a adopté de nouvelles orientations politiques d'une ampleur considérable ; *b) un rôle idéologique*, en ce sens que les scientifiques ont joué un rôle éminent en prenant des positions socialistes, communistes et antifascistes, acquérant ainsi le statut culturel d'intellectuels engagés ; *c) un rôle institutionnel*, en ce sens que de grands laboratoires de réputation internationale, essentiellement le laboratoire Cavendish pour la physique, le laboratoire Dunn pour la biochimie et le laboratoire Molteno pour la biologie et la parasitologie, tous situés au sein de l'Université de Cambridge, ainsi que des laboratoires moins importants d'autres universités, surtout Leeds et Oxford, ont attiré et accueilli des talents prometteurs, futurs spécialistes de la biologie moléculaire, en même temps que des fondations philanthropiques américaines procuraient les fonds.

Culture politique et politique scientifique à la fin de l'Empire britannique

La culture politique de la Grande-Bretagne des années trente s'est révélée inspiratrice pour les scientifiques désireux d'innover en biologie moléculaire, en suscitant une atmosphère favorable à la recherche de solutions aux problèmes sociaux, économiques et scientifiques. La crise économique de 1929 avait entraîné l'écroulement de l'étalon or, les « marches de la faim », des troubles sociaux et la chute du second gouvernement travailliste. Par la suite, un gouvernement d'unité nationale vit le jour, ouvrant de nouvelles possibilités dans la vie sociale et politique intérieure d'un pays qui était en même temps au

centre d'un vaste empire. En dépit des pertes énormes en vies humaines qu'elle avait subies lors de la Première Guerre mondiale, la Grande-Bretagne apparaissait comme le grand vainqueur, en particulier parce que le pays n'avait pas souffert de destructions et que son empire s'était agrandi des possessions coloniales des puissances vaincues. Cette position avantageuse était encore renforcée par le fait que les États-Unis, devenus créancier principal à l'issue de la Première Guerre mondiale, répugnaient à jouer un rôle actif en Europe en raison de leur isolationnisme.

Cependant, la montée du fascisme en Europe centrale puis en Espagne a tôt fait d'orienter l'attention politique vers les questions de politique étrangère et les problèmes de réarmement. Là encore, le débat a porté sur un large éventail de choix politiques, qu'il s'agisse de l'accueil à accorder aux réfugiés d'Europe centrale, de la participation à la guerre civile espagnole et des crises internationales déclarées, surtout lors de la Conférence de Munich en novembre 1938. Au cours de cette décennie marquée par de lourds problèmes politiques, la culture politique est passée de la conciliation au réarmement et a amené chacun à comprendre combien la situation était grave. Ces grandes causes ont mobilisé une bonne partie de la population et les scientifiques ont apporté une contribution particulièrement active à la défense et à l'alimentation de la population civile.

Cette culture politique débordante de vitalité et si réceptive aux offres de participation de divers types de scientifiques politiquement conscients apparaît bien dans la vie et la carrière de J. Desmond Bernal (1901-1971), fondateur de l'école britannique de biologie moléculaire en même temps que porte-parole bien connu d'organisations d'inspiration communiste ou dirigées par les communistes comme l'Association of Scientific Workers (Hodgkin, 1980 ; Abir-Am, 1992 ; Swann et Apprahamian, 1999). Bernal fit carrière à Cambridge et à Londres. Diplômé de l'Université de Cambridge en 1923, il y séjourna pendant une période décisive de sa carrière, entre 1927 et 1937, comme assistant puis directeur du Laboratoire de cristallographie structurale (d'abord installé dans le laboratoire de minéralogie puis dans le Cavendish Laboratory of Physics).

À Londres, il fut l'assistant de sir William Henry Bragg (1860-1943) à la Royal Institution de 1923 à 1927 et, à partir de 1938, enseigna la

physique au Birkbeck College. Bernal entreprit des études révolutionnaires sur la structure des composés biologiques (stéroïdes, protéines, virus, acides nucléiques, etc.), qui sont tous des objets de recherche essentielle en biologie moléculaire. C'est lui qui prit en 1934 la première photo rayons X d'une protéine, que l'on considère comme marquant le début de la biologie moléculaire en Grande-Bretagne (Abir-Am, 1992).

Après pratiquement une vingtaine d'années de travaux novateurs en cristallographie rayons X, en méthodes de mesure et en biologie moléculaire, Bernal en vint à accorder de plus en plus d'attention aux questions sociales et politiques, avec un goût marqué pour les projets utopiques en science et dans la société. Son chef-d'œuvre, *The Social Function of Science*, publié en janvier 1939, traduisait le souci permanent qui était alors le sien de voir la science jouer un plus grand rôle dans une société qui aspirait à profiter des possibilités de progrès social qu'elle offrait. À l'époque, après l'éclat suscité par les interventions soviétiques lors du deuxième Congrès international pour l'histoire de la science qui s'était tenu à Londres en 1931 (Abir-Am, 1985 ; Swann et Apprahamian, 1999), Bernal pensait que le marxisme était la seule idéologie sociale et politique qui tienne compte du rôle essentiel de la science dans la société. Avec d'autres scientifiques britanniques de gauche, il se rendit souvent en Union soviétique, considérée comme le seul pays à appliquer l'idéologie marxiste.

Lorsque la Seconde Guerre mondiale éclata, la culture politique britannique avait suffisamment d'ampleur pour permettre à Bernal de devenir, au même titre que d'autres scientifiques de la même mouvance, conseiller scientifique auprès du Ministère de l'intérieur. Il utilisa alors les compétences qu'il avait d'abord acquises en tant que militant pour le réarmement au sein de l'Association of Scientific Workers pour mesurer l'impact des bombardements sur les bâtiments. En 1943, il fut nommé conseiller scientifique du chef des opérations aéronavales combinées, lord Mountbatten of Burma, et procéda à l'étude scientifique des plages de Normandie où le débarquement allié était prévu pour le jour J, entre autres opérations envisagées ou effectuées pendant la guerre (Swann et Apprahamian, 1999).

C'est seulement à la fin des années quarante que, sous l'effet combiné de la guerre froide et de l'action de la British Society for Freedom of Science, créée par John Baker et Michael Pola-

nyi, Bernal se trouva isolé et empêché de tenir une grande place dans la science britannique. Avec certains de ses collègues, notamment son ancienne étudiante Dorothy Hodgkin (1910-1994), elle-même lauréate du prix Nobel, il en vint à jouer un rôle important en maintenant des contacts scientifiques Est-Ouest considérés comme un vecteur de la paix mondiale, se rendant à de nombreuses reprises en Union soviétique (où il reçut le prix Lénine en 1953 et devint un familier de Nikita Khrouchtchev), en Chine, au Viet Nam, mais aussi dans des pays d'Europe et aux États-Unis (ces derniers lui refusèrent le visa au début des années cinquante mais le lui accordèrent ensuite pour participer à des congrès scientifiques en Amérique du Nord).

La sous-culture idéologique des scientifiques en tant qu'intellectuels engagés dans la lutte contre le fascisme

Autre aspect de la culture britannique favorable au développement de domaines interdisciplinaires comme la biologie moléculaire : le rôle des scientifiques en tant qu'intellectuels engagés dans la lutte contre le fascisme, surtout dans l'aide aux universitaires chassés d'Allemagne nazie. Même des personnalités conservatrices comme lord Rutherford, directeur du Cavendish Laboratory, ont présidé l'Aid Committee for the Defence of Learning. Cette attitude a ensuite encouragé des scientifiques réfugiés à rester en Grande-Bretagne, notamment de futurs lauréats du prix Nobel de biologie moléculaire comme Hans Krebs et Max Perutz. Cela n'a pas été sans importance pour l'avenir de la biologie moléculaire, étant donné que, depuis que Bernal avait quitté l'Université de Cambridge en 1938 et jusqu'à ce que le Medical Research Council (MRC) crée en 1947 au Cavendish Laboratory une petite unité d'étude de la structure moléculaire des composés biologiques, Perutz, jeune chercheur autrichien réfugié depuis l'Anschluss en 1938 mais dont les travaux sur la structure de l'hémoglobine ou le « poumon moléculaire » étaient devenus un des modèles de la biologie moléculaire, est resté la seule personne à s'intéresser activement à la biologie moléculaire. Comme Perutz avait réussi à intéresser sir Lawrence Bragg, le nouveau professeur de Cavendish, à la cristallographie rayons X des protéines, l'avenir de la biologie moléculaire était assuré à Cambridge.

La culture scientifique institutionnelle en Grande-Bretagne dans les années trente

Dans la Grande-Bretagne des années trente, le climat favorable à la biologie moléculaire dépendait aussi de plusieurs laboratoires de renommée internationale qui attiraient les talents, aussi bien locaux qu'étrangers, et des financements de fondations privées, tant britanniques qu'américaines. Depuis sa réorganisation dans la période 1928-1932 (Abir-Am, 1982, 2000), la Fondation Rockefeller avait adopté une nouvelle stratégie d'investissement qui privilégiait non seulement l'excellence comme dans les années vingt, mais aussi l'application des techniques physiques et chimiques à la biologie. De ce fait, des projets du Dunn Institute of Biochemistry ou du Molteno Institute for Biology and Parasitology, l'un et l'autre situés à l'Université de Cambridge, bénéficièrent de la priorité dans les investissements de la Fondation. Les Universités de Leeds et Oxford accordèrent une priorité semblable aux projets de biologie moléculaire.

L'infrastructure institutionnelle a facilité le recrutement des chercheurs et l'achat de nouveau matériel, contribuant ainsi à une croissance régulière du personnel scientifique et des instruments de production. Tandis que le Dunn Institute recevait le soutien d'organisations philanthropiques nationales et américaines, du MRC et de l'Université, le Cavendish Institute bénéficiait de l'appui du Department of Scientific and Industrial Research (DSIR) et de l'Université, ainsi que de sociétés industrielles comme ICI. De même, le Molteno Institute jouissait du soutien de sociétés philanthropiques locales et américaines ainsi que de l'Université.

La sous-culture scientifique de chaque laboratoire s'est révélée favorable à l'essor de la biologie moléculaire, en particulier à partir du moment où les conceptions interdisciplinaires de directeurs comme les lauréats du prix Nobel Frederic Gowland Hopkins (au Dunn Institute depuis la Première Guerre mondiale), sir Lawrence Bragg (au Cavendish Institute depuis 1938) et David Keilin (au Molteno Institute depuis la Première Guerre mondiale lui aussi) ont permis non seulement d'accueillir temporairement de futurs spécialistes de biologie moléculaire dans ces laboratoires au cours des années trente mais aussi de s'unir pour obtenir un financement public en

1947. Grâce à la « culture de gentlemen » qui prévalait à l'époque, la rencontre, à l'Atheneum Club, de Bragg (encouragé par Keilin, qui militait activement au sein de nombreux comités d'institutions scientifiques et en tant que conseiller dans des ministères) et de sir Edward Mellanby, le secrétaire du MRC, a suffi pour décider de la mise en place d'une nouvelle unité.

Leurs successeurs respectifs, Max Perutz et sir Harold Himsworth, donnèrent suite à cette décision, sur une plus grande échelle mais avec plus de lourdeur bureaucratique, en élargissant l'unité de 1947 pour en faire un vaste laboratoire, connu dans les années cinquante sous le nom de MRC Laboratory of Molecular Biology. En 1962, la reine inaugura ce laboratoire peu avant que trois de ses membres, Perutz, John Kendrew (1916-1997) et Francis Crick (né en 1917) ne reçoivent le prix Nobel – le premier à être décerné pour des travaux de biologie moléculaire – pour avoir mis au jour les premières structures des protéines et des acides nucléiques.

Les travaux de biologie moléculaire ont également commencé dans les années trente à l'Université de Leeds, dans le laboratoire du physicien William T. Astbury (1898-1961), qui s'était spécialisé en cristallographie rayons X et en microscopie électronique des protéines fibreuses et acides nucléiques (Olby, 1974 ; Abir-Am, 1982), dans le laboratoire de la chimiste Dorothy Crowfoot Hodgkin (1910-1994) à l'Université d'Oxford, en particulier sur les protéines et les stérols, ainsi qu'à l'Institut de mathématiques de l'Université d'Oxford, où la mathématicienne Dorothy Wrinch (1894-1976) élaborait la première théorie sur la structure des protéines, théorie qui fut au centre du discours international sur la biologie moléculaire dans les années trente (Abir-Am, 1987a, 1987b).

Le vaste champ qu'ouvrait la culture politique britannique des années trente, la culture idéologique de mobilisation des intellectuels contre le fascisme, parmi lesquels de nombreux scientifiques, et les sous-cultures spécifiques des grands laboratoires de biochimie, physique, biologie, chimie et mathématique, ont été des éléments essentiels du contexte culturel qui a favorisé l'essor de la biologie moléculaire en Grande-Bretagne dans les années trente et qui a permis au pays de conserver une position dans ce domaine de pointe jusqu'au début des années soixante.

Quand la Seconde Guerre mondiale éclata, la recherche scientifique en biologie moléculaire subit de graves restrictions en Grande-Bretagne. Bernal, figure de proue dans ce domaine, fut mobilisé pendant toute la guerre et son laboratoire du Birkbeck College fut bombardé et empêché de fonctionner pendant la Bataille de Grande-Bretagne. Ses étudiants, ses chercheurs et son matériel passèrent au laboratoire de Dorothy Hodgkin de l'Université d'Oxford, dans une région à l'écart des hostilités. Toutefois, les rigueurs de la guerre exigeaient que l'essentiel de l'effort de recherche soit orienté vers la mise au jour de la structure de la pénicilline. Ce composé bio-organique était d'une grande utilité médicale et sa découverte a marqué une étape de l'acceptation de la cristallographie rayons X par les spécialistes de chimie organique, même si cette méthode ne supposait pas le travail au niveau macromoléculaire qui allait devenir le trait distinctif de la biologie moléculaire. Les travaux dans les domaines des protéines et des virus se limitaient à achever des projets commencés avant la guerre tels que la thèse de doctorat sur la structure de la lactoglobuline (l'une des protéines que Bernal et ses associés avaient été les premiers à étudier à la fin des années trente) et une étude inachevée sur la structure du virus de la mosaïque du tabac, elle aussi mise en train par Bernal et ses associés au début des années trente (Abir-Am, 1992).

Les travaux sur la cristallographie rayons X des protéines à l'Université de Cambridge subirent eux aussi un coup d'arrêt quand Max Perutz fut interné en tant que ressortissant d'un pays ennemi, avant qu'il ne soit recruté par la suite en vue de l'effort de guerre. Le laboratoire de Bernal à Londres fut reconstruit après la guerre et rouvrit en 1948. Le laboratoire de Hodgkin se développait modestement mais régulièrement tandis que de nouvelles unités pour l'étude des structures biomoléculaires s'ouvraient au King's College, à Londres, et au Cavendish Laboratory de Cambridge. C'est dans ces deux derniers que fut découverte la structure de l'ADN et des premières protéines, travaux qui furent récompensés par les premiers prix Nobel de biologie moléculaire en 1962. Mais c'est aux États-Unis que, dans les années quarante, la biologie moléculaire se développa le plus rapidement. Le contexte de la culture américaine était propice à des formes de biologie moléculaire différentes de la cristallographie rayons X des protéines à l'origine de

cette discipline dans la Grande-Bretagne des années trente. Ces formes étaient liées d'une part à la chimie quantique et d'autre part à la génétique des phages.

Culture américaine et biologie moléculaire dans les années quarante

Comme on l'a constaté s'agissant de l'impact de la culture britannique sur la biologie moléculaire dans les années trente, on peut considérer que la culture américaine des années quarante a eu elle aussi trois dimensions : la culture politique générale d'une superpuissance nouvelle et la politique scientifique qui en découlait, notamment avec la création de la National Science Foundation (NSF) ; la sous-culture idéologique des intellectuels engagés, en particulier des scientifiques ; la culture scientifique institutionnelle, à une époque de restructuration profonde due à un recours massif à la science dans des projets stratégiques et civils pendant et après la guerre.

Culture politique et politique scientifique aux États-Unis, première superpuissance nucléaire

Des scientifiques américains comme Irving Langmuir, Max Bergmann, Linus Pauling, Carl Niemann et David Harker ont participé au discours sur la biologie moléculaire des années trente, en particulier autour de la première théorie sur la structure des protéines. Tout en reconnaissant, avec leurs confrères britanniques, que la structure des protéines était le principal problème à résoudre, certains Américains, surtout Pauling et Niemann, refusèrent l'approche expérimentale des Britanniques, cette « méthode directe » que préconisaient Bernal et ses associés, et qui aspirait à résoudre toutes les réflexions dans les modèles de diffraction des protéines obtenus par cristallographie rayons X. Ils n'acceptaient pas non plus l'approche théorique et mathématique que recommandait le mathématicien britannique Wrinch et qui insistait sur le rôle de la symétrie et de la géométrie dans les solutions structurelles. Ce qu'ils prônaient, en revanche, c'était une « méthode indirecte » fondée sur des considérations de chimie quantique, pour mettre au jour la structure des acides aminés, éléments constitutifs des protéines, et expliquer les liens entre eux.

Ces activités ont commencé à la fin des années trente, mais c'est pendant les années quarante qu'elles ont pris une grande ampleur, quand Pauling parvint à obtenir un soutien important des pouvoirs publics, des industries et des fondations philanthropiques en vue d'applications médicales présumées de ces travaux, en particulier dans le domaine des anticorps artificiels. Bien que ce projet n'ait pas été jugé très favorablement par un groupe d'experts réunis à la fin de la Seconde Guerre mondiale, les ressources importantes dont il disposait ont permis à Pauling de faire progresser les travaux sur la structure des protéines puis de découvrir, à la fin des années quarante, l'hélice alpha, type de structure à trois dimensions que l'on retrouvait dans de nombreuses protéines. Publiés en 1951, les travaux de Pauling lui valurent un triomphe qui écartait les modèles précédents de structure des protéines présentés en 1950 par l'équipe britannique composée de Bragg, Perutz et Kendrew et illustrait aussi l'efficacité avec laquelle la culture américaine allait encourager les innovations scientifiques au cours des années quarante, d'une façon qui n'était pas sans rappeler cet épisode si typique de la culture américaine que fut la conquête de l'Ouest.

Que ce soit pendant la Seconde Guerre mondiale, quand Pauling intensifia ses recherches d'immunochimie dans le cadre d'un projet militaire, ou après les hostilités quand, au début de la guerre froide, un vaste soutien fut apporté à la science par des États-Unis qui jouissaient alors de leur statut unique de première superpuissance nucléaire, la biologie moléculaire a grandement bénéficié de la politique scientifique américaine. Pauling a demandé et obtenu des bourses de recherche de l'ordre du million de dollars. Conformément à la position nouvelle de l'Amérique à l'avant-garde nucléaire du monde, cette politique scientifique s'inscrivait dans une culture politique qui considérait la puissance et la stratégie mondiales fondées sur la science – et illustrées par la bombe atomique – comme la pierre angulaire de la politique intérieure et internationale (Abir-Am, 1992-1993, 1997). La biologie moléculaire, souvent appelée « biophysique », commença à attirer les physiciens, non seulement comme domaine nouveau susceptible d'être colonisé par des techniques physiques, mais aussi parce qu'elle pouvait « racheter » les péchés des physiciens, coupables d'avoir fait exploser les bombes atomiques, en leur permet-

tant de mettre leurs compétences au service de la vie humaine (Judson, 1979 ; Rasmussen, 1997).

Cependant, la culture politique américaine avait une autre dimension, qui s'est avérée essentielle dans l'essor de la biologie moléculaire aux États-Unis. Il s'agit de la capacité américaine d'intégrer rapidement des réfugiés scientifiques. En effet, ce qui a rendu possible une nouvelle conception de la biologie moléculaire aux États-Unis, conception axée sur l'étude de la génétique des phages, c'est le partenariat qui s'est établi pendant la guerre entre Salvador Luria et Max Delbruck, deux réfugiés récemment venus d'Italie et d'Allemagne, respectivement, deux scientifiques américains, Alfred Hershey et Thomas Anderson, et un scientifique immigré, Mili-slav Demerec. Pendant la Seconde Guerre mondiale, ces cinq savants mirent leurs forces en commun pour coopérer dans le domaine de la génétique des phages, tout en jetant les fondements du « Phage Group ». Ce groupe officieux s'est considérablement agrandi après 1945 quand commença un recrutement actif de scientifiques américains et immigrés par le biais des universités d'été du Cold Spring Harbor Laboratory de Long Island (New York) (Abir-Am, 1998, 1999).

L'inspiration idéologique des scientifiques américains en tant qu'intellectuels engagés

En dehors de la culture politique favorable des années quarante, qu'elle se soit exprimée directement grâce au développement de la politique scientifique, ou indirectement par les possibilités d'intégration rapide de scientifiques réfugiés et immigrés, l'essor de la biologie moléculaire aux États-Unis a également bénéficié du fait que ses spécialistes ont pris parti dans toutes sortes de causes publiques, ce qui leur a donné une aura idéologique importante sur le plan de la conscience sociale. Par exemple, Leo Szilard, l'architecte du Projet Manhattan passé à la biologie moléculaire après la guerre, a été l'un des membres fondateurs du Bulletin of Atomic Scientists et de la Division for Social Responsibility of Scientists de l'American Association for the Advancement of Science (AAAS), et il s'est souvent exprimé contre l'utilisation de la bombe atomique. En même temps, Szilard était conseiller du gouvernement au sein du Département de la défense, très tributaire de la science à l'époque de l'Office for Naval Research et de nombreux

autres organismes analogues, qui cherchaient tous à répondre au besoin nouveau d'une politique scientifique. À New York, le personnage de l'intellectuel engagé était cependant réservé aux représentants du monde littéraire et artistique, et les scientifiques américains n'ont commencé à jouer ce rôle qu'à l'époque McCarthy, où leur liberté fut compromise par une violente chasse aux sorcières inspirée d'une idéologie anticommuniste.

Aux États-Unis, la biologie moléculaire a effectivement souffert de l'obsession idéologique des pouvoirs publics américains pendant l'époque McCarthy. Des visas furent refusés à des scientifiques soupçonnés d'être de gauche, en particulier à ceux qui s'étaient alors publiquement opposés à l'obligation faite à l'époque aux enseignants de jurer qu'ils n'étaient pas communistes. Dans le même ordre d'idées, le refus d'accorder à Salvador Luria et Linus Pauling des visas pour se rendre à des réunions scientifiques en Grande-Bretagne au début des années cinquante les empêcha d'obtenir des informations scientifiques nouvelles sur le rôle et la structure de l'ADN, ce qui fit que l'un et l'autre passèrent à côté de découvertes essentielles. De même, le refus de visas américains à des spécialistes renommés de la biologie moléculaire comme J.D. Bernal et Dorothy C. Hodgkin, ainsi qu'au Français Jacques Monod, lui aussi grande figure de la biologie moléculaire, a empêché des échanges scientifiques utiles.

La culture institutionnelle de la biologie moléculaire américaine dans les années quarante

L'essor de la biologie moléculaire aux États-Unis au cours des années quarante reposait aussi sur des cultures institutionnelles concrètes, notamment sur celle du Cold Spring Harbor Laboratory de Long Island (New York), où s'institua d'abord la collaboration entre les fondateurs du Phage Group, dans l'ambiance bon enfant d'un laboratoire inter-universitaire régional qui faisait penser à la vie détendue dans les stations biologiques marines tout en répondant au double besoin de travail scientifique et de loisirs de la vaste communauté de la côte est.

C'est aussi l'institution qui a aidé à recruter une nouvelle génération de disciples dans le domaine de la génétique des phages après 1945. La place dont on dispose ici ne permet cependant

pas de pousser plus avant l'étude des institutions scientifiques qui ont joué un rôle dans l'essor de la biologie moléculaire aux États-Unis, notamment sur la côte ouest et dans le Middle-West (surtout dans le triangle de Chicago), ni celle des regroupements d'institutions de Californie du Nord et du Sud (Abir-Am, 1998).

En résumé, l'essor de la biologie moléculaire aux États-Unis dans les années quarante, que ce soit avec le passage de la chimie structurale à la biologie, comme dans le cas de la découverte de l'hélice alpha, ou avec la génétique des phages, comme dans l'expérience Hershey-Chase sur les rôles respectifs des protéines et de l'ADN dans la multiplication des phages et dans les travaux de Benzer sur la structure fine du gène, a profité de trois facteurs culturels. Il y a eu une culture politique liée au fait que les États-Unis apparaissaient comme la seule superpuissance nucléaire, une culture idéologique liée au rôle public des spécialistes de biologie moléculaire dans la lutte contre la phobie du communisme, et une culture institutionnelle de fluidité, en particulier avec une grande institution souple et hospitalière comme le Cold Spring Harbor Laboratory. Cette convergence a donné aux scientifiques américains un avantage de plus en plus net, qui s'est accru après l'ère Spoutnik, si bien qu'à la fin des années soixante la majorité des prix Nobel de biologie moléculaire furent décernés à des scientifiques américains.

Néanmoins, entre 1962, où quatre prix Nobel de biologie moléculaire sur cinq furent attribués à des scientifiques britanniques, et 1968, où la domination américaine commença à se faire sentir dans ce domaine, il faut aussi prendre en considération la place importante occupée par les Français. En 1965, les trois prix Nobel de biologie moléculaire étaient décernés à des scientifiques français. Dans la section qui suit, on verra comment le contexte culturel français peut avoir aidé la biologie moléculaire à occuper le devant de la scène en France pendant les années cinquante.

Culture française et biologie moléculaire dans les années cinquante

Comme dans le cas de la Grande-Bretagne et des États-Unis, on peut considérer que l'impact de la culture française sur la biologie moléculaire dans

la France des années cinquante a trois dimensions. D'abord, il y a la culture politique d'une Quatrième République instable qui se débat dans les crises coloniales avec, cependant, une prospérité intérieure relative due au Plan Marshall et à l'accord du GATT. Bien qu'incapable d'appliquer une réflexion novatrice à la politique scientifique, la République a au moins laissé des scientifiques entreprenants libres de rechercher des financements ailleurs, d'ordinaire auprès d'organismes publics ou de fondations américaines. Deuxièmement, il y a la sous-culture idéologique des intellectuels engagés, qui a toujours joué un rôle de premier plan en France, depuis l'affaire Dreyfus et le *J'accuse* d'Émile Zola en 1898, et qui a attiré les scientifiques, y compris les spécialistes de biologie moléculaire. Enfin, il y a la culture scientifique institutionnelle, en particulier la glorieuse tradition de l'Institut Pasteur, qui a permis à la biologie moléculaire de dépasser le cadre rigide des universités, lesquelles n'ont été réformées qu'à la suite des événements de Mai-68.

Les spécialistes français de biologie moléculaire et leurs collègues étrangers font remonter les débuts de la discipline en France à 1921, quand l'aîné des trois lauréats français du prix Nobel de 1965, André Lwoff (1902-1994), est arrivé à l'Institut Pasteur de Paris, où il devait créer un service de physiologie microbienne. C'est dans ce cadre que la biologie moléculaire s'est d'abord développée en France. Mais l'entre-deux-guerres n'est important en France sur le plan historique que comme chapitre de la biographie de Lwoff, notamment en raison de la collaboration informelle qu'il établit avec Jacques Monod au début des années trente. C'est seulement après la Seconde Guerre mondiale que furent prises les grandes initiatives qui ont amené le développement de la biologie moléculaire en tant que discipline, et Lwoff put alors, grâce à la création d'un organisme gouvernemental d'appui à la recherche, le CNRS, accueillir dans son laboratoire un personnel permanent de premier plan. Jacques Monod (1910-1976) fut nommé chef de laboratoire en 1945 ; les médecins Elie Wolman (né en 1917) et François Jacob (né en 1920) vinrent faire leur doctorat chez Lwoff en 1947 et 1950, respectivement, et de nombreux autres scientifiques français et étrangers se retrouvèrent au sein du laboratoire de Lwoff à la même période (Lwoff et Ullman, 1979 ; Abir-Am, 1999).

La découverte de la lysogénie par Lwoff en 1950 fut pour le groupe français le premier grand

succès, qui annonçait plus d'une décennie de travaux tout à fait exceptionnels, jusqu'au modèle de type opéron de la régulation génétique de l'expression des protéines, édifice théorique d'importance majeure en biologie moléculaire (Morange, 1998 ; Abir-Am, 1998, 1999). Comment la culture politique française de l'époque, la sous-culture idéologique de l'intellectuel engagé français et la culture institutionnelle de l'Institut Pasteur ont-elles contribué ensemble à la créativité de l'école française de biologie moléculaire ?

Culture politique et politique scientifique dans une Quatrième République instable

Pendant la Quatrième République, qui dura de 1945 à 1959, année où De Gaulle devint président de la Cinquième République et inaugura un régime stable jusqu'à la fin du siècle, la culture politique fut marquée par une instabilité gouvernementale chronique, due en grande partie, mais pas entièrement, à des affaires étrangères et coloniales désastreuses, surtout en Indochine et en Afrique du Nord. Sur le front intérieur, l'insuffisance du traitement judiciaire de la collaboration avec l'occupant nazi sous le régime de Vichy avait écarté de nombreuses questions du discours public et, jusqu'à la fin des années quatre-vingt, l'opinion qui a prévalu était que tout le monde avait été dans la Résistance. Avec le début de la guerre froide, la France commença à renvoyer les communistes (qui constituaient la majorité de la Résistance) des postes élevés de l'administration publique. C'est ainsi que le lauréat du prix Nobel Frédéric Joliot-Curie, gendre de la légendaire Marie Curie, fut relevé de ses fonctions de direction au Commissariat à l'énergie atomique en 1950. Au début des années cinquante, la « peur du rouge » caractérisa aussi les relations entre les scientifiques français et les fondations philanthropiques américaines, ces dernières soupçonnant le CNRS d'être sous influence communiste (Abir-Am, 2000).

En même temps, cette période engendra des hommes d'État remarquables (Pierre Mendès France, Maurice Schumann, Jean Monet) et connut un processus démocratique impressionnant. En ce qui concerne la politique scientifique, elle se soucia de moderniser l'infrastructure scientifique française, ainsi qu'il apparut au Colloque de Caen, conférence de hauts fonctionnaires et de conseillers scientifiques qui aboutit à une série de propositions pour réformer la base

scientifique et technologique de la France. Tandis que le souci progressiste de donner à la science un rôle dans la modernisation du pays aboutissait à un renforcement du CNRS, l'instabilité gouvernementale rendait difficile l'adoption de réformes de longue haleine ou de grande ampleur.

Cependant, cette instabilité a encouragé les scientifiques à rechercher activement des sources de financement étrangères, ce qui, pratiquement, a signifié qu'ils se sont tournés vers des institutions publiques américaines spécialisées en science de la vie et biomédecine comme la NSF (National Science Foundation) et le NIH (National Institut of Health) ainsi que vers des fondations privées installées aux États-Unis, notamment la Fondation Rockefeller et la National Foundation for Infantile Paralysis. Les fonds américains ont ensuite permis de moderniser l'équipement des laboratoires français ainsi que d'accueillir de nombreux scientifiques américains à l'Institut Pasteur. Le vaste réseau de collaborateurs américains qu'entretenaient les principaux représentants de l'école française de biologie moléculaire leur procura de nombreuses invitations à faire des conférences aux États-Unis et ils purent ainsi rester informés d'un progrès scientifique en mouvement rapide.

Cette situation profita beaucoup à l'école française de biologie moléculaire, dont les travaux étaient bien connus aux États-Unis. Le large écho rencontré par les découvertes françaises pendant les années cinquante, en particulier aux États-Unis, ouvrit la voie au triple prix Nobel que les spécialistes français de biologie moléculaire reçurent en 1965, premier prix de cette nature à être décerné à des scientifiques français depuis trente ans. Outre les incitations indirectes que la culture politique française apporta pendant les années cinquante en encourageant des contacts étroits avec la science et les scientifiques américains, l'essor de la biologie moléculaire fut aussi influencé par la sous-culture idéologique des intellectuels français engagés de l'époque.

La sous-culture idéologique des scientifiques français en tant qu'intellectuels engagés

La première occasion donnée à des scientifiques français d'endosser le costume très prisé de l'intellectuel engagé s'est présentée en 1948 avec l'affaire Lysenko. La dénonciation de la génétique classique à laquelle s'étaient livrés Lysenko

et ses partisans au sein du parti communiste d'Union soviétique obligea les scientifiques français à prendre parti. Tandis que les staliniens purs et durs se rangeaient dans le camp favorable à Lysenko, où l'on trouvait les communistes fidèles à l'Union soviétique, d'autres scientifiques, notamment Jacques Monod, exposaient en public et dans la presse leur désaccord avec l'ingérence du parti communiste d'Union soviétique dans la science en général et la génétique en particulier.

Une autre occasion de prendre une position d'intellectuel engagé se présenta en 1952 quand Monod, aux côtés d'autres scientifiques français, protesta contre la condamnation à la peine capitale prononcée aux États-Unis contre les Rosenberg, accusés d'espionnage au profit de l'Union soviétique. Monod et Lwoff prirent le parti de Camus dans son débat avec Sartre, donnant ainsi à penser que les préférences idéologiques des scientifiques différaient de celles des philosophes et intellectuels littéraires qui, d'ordinaire, adoptèrent le type d'existentialisme socialiste et de militantisme politique de Sartre et de Beauvoir contre le libéralisme de Camus et de Raymond Aron. La participation de plusieurs spécialistes de biologie moléculaire au Colloque de Caen témoignait également de leur souci d'infléchir le discours officiel sur la place de la science dans la société. La culture institutionnelle de l'Institut Pasteur, établissement privé créé avec des subventions publiques et néanmoins considéré comme joyau national, représente un autre aspect culturel qui a influencé l'essor de la biologie moléculaire en France.

La culture scientifique institutionnelle : le legs particulier de l'Institut Pasteur

Le statut spécial de l'Institut Pasteur, indépendant de l'administration publique et capable de générer des profits grâce à sa branche de fabrication de sérums et de vaccins, explique le degré relatif de liberté dont jouissent ses chercheurs, en particulier pour obtenir des financements étrangers. En dehors du prestige de l'Institut, héritier d'une figure légendaire qui joua un rôle providentiel dans son pays à plusieurs occasions en matière de santé publique et pour des industries essentielles (fabrication de la bière, du vin, de la soie), ce statut a donné aux spécialistes de biologie moléculaire une souplesse dont ils avaient grand besoin et dont ne jouissaient pas les universités et laboratoires publics, plus bureaucratiques.

Néanmoins, au milieu des années soixante, les spécialistes de biologie moléculaire se sont révoltés contre la concentration du pouvoir décisionnel entre les mains de quelques directeurs proches de la famille de Pasteur et qui avaient reçu une formation de médecins, et ont rédigé une nouvelle constitution pour l'Institut. Ce qui est très intéressant, avec la venue de Monod et de Wollman aux postes de directeur et directeur adjoint au début des années soixante-dix, c'est que les spécialistes de biologie moléculaire, autrefois marginaux, ont pris la tête de l'Institut Pasteur et l'ont gardée jusqu'à ce jour, transformant son image publique d'institution essentiellement orientée vers la médecine et détentrice de monopoles en matière de production de vaccins en un établissement surtout connu comme grand institut de recherche de renommée internationale. Le souci de faire de l'Institut Pasteur non plus un centre de sciences appliquées mais une institution de sciences fondamentales est en grande partie à l'origine du « gai savoir » des années cinquante, et de cette atmosphère qui, de l'avis général, favorisa la création, la collégialité et l'innovation.

Conclusions

Il ressort du présent article que les cultures britannique, américaine et française ont successivement marqué l'essor de la biologie moléculaire entre 1930 et 1960. Ce phénomène a été imputé à la culture politique et à la politique scientifique qui en découle, à la force d'attrait idéologique du scientifique en tant qu'intellectuel engagé et à la culture institutionnelle (c'est-à-dire à la fois sociale et matérielle) qui a prévalu là où la biologie moléculaire a prospéré. Avec le phénomène

de mondialisation scientifique qui a commencé dans les années soixante (Abir-Am, 1992-1993, 1997), il est devenu plus difficile d'évaluer le rôle de la culture, qu'elle soit de nature nationale, politique, idéologique ou institutionnelle (avec sa double dimension sociale et matérielle) dans la stimulation de l'innovation scientifique. C'est ce qui ressort bien de la création du Laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL), envisagée au début des années soixante et devenue une réalité au milieu des années soixante-dix. Il s'agit d'un établissement supranational situé non pas en Grande-Bretagne ou en France, c'est-à-dire dans les deux pays qui ont été à l'avant-garde de la biologie moléculaire en Europe, mais en Allemagne, à Heidelberg.

Bien que la culture institutionnelle cosmopolite de laboratoires internationaux comme le CERN ou l'EMBL contribue à stimuler les échanges scientifiques et la collaboration au-delà des barrières nationales, politiques, linguistiques et culturelles, on est en droit de se demander si les contextes culturels stimulants qui avaient précédemment entretenu le legs diversifié de cette discipline de plus en plus influente disparaîtront complètement. Un nouvel équilibre reste à trouver entre le contexte culturel à base linguistique de la science et le nouveau multiculturalisme de formations politiques de grande ampleur qui ont de plus en plus les faveurs des sensibilités politiques du XXI^e siècle. Cela se jouera à des niveaux autres que l'État-nation, par exemple, à ceux de la région, de l'institution ou du laboratoire supranational.

Traduit de l'anglais

Note

* L'auteur tient à remercier pour leur hospitalité le Département d'enseignement des sciences de l'Université hébraïque de Jérusalem et la Wellcome Unit for the History of Medicine de l'Université d'Oxford, qui lui ont permis d'écrire la présente étude pendant l'été 2000.

Références

- ABIR-AM, P.G. 1982. « The discourse on physical power and biological knowledge in the 1930s : A reappraisal of the Rockefeller Foundation's "policy" in molecular biology », *Social Studies of Science*, 12, p. 341-382.
- . 1985. « Recasting the disciplinary order in science : A deconstruction of rhetoric on "biology and physics" at two International Congresses in 1931 », *Humanity and Society*, 9, novembre 1985, p. 388-427.
- . 1987a. « The Biotheoretical Gathering, transdisciplinary authority and the incipient legitimation of molecular biology in the 1930s », *History of Science*, 25, p. 1-70.
- . 1987b. « Synergy or clash : Disciplinary and marital strategies in the career of the mathematical biologist Dorothy M. Wrinch », dans Abir-Am, P.G. ; Outram, D. (dir. publ.), 1987-1989. *Uneasy Careers and Intimate Lives, Women in Science, 1789-1979*, New Brunswick N.J. et Londres, Rutgers University Press, p. 338-394.
- . 1992-1993. « From multi-disciplinary collaboration to transnational objectivity : International space as constitutive of molecular biology, 1930-1970 », dans Crawford, E. ; Shinn, T. ; Sorlin, S. (dir. publ.), *Denationalizing Science : The International Context of Scientific Practice*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 153-186.
- . 1992. « A historical ethnography of a scientific anniversary in molecular biology : the first protein X-ray photo (1984, 1934) », *Social Epistemology*, vol. 6, 1992, p. 323-354 ; p. 363-364 ; p. 371-372 ; p. 380-387.
- . 1997. « The molecular revolution in 20 th Century biology : three eras of postwar transdisciplinary stability », dans Krige, J. ; Pestre, D. (dir. publ.), *Science in the 20th Century*, Londres, Harwood, p. 495-520.
- . 1998 (dir. publ.). *La Mise en mémoire de la science : pour une ethnographie historique des rites commémoratifs*, Paris, Éditions des Archives contemporaines, Gordon et Breach Publishers.
- . 1999. « The first American and French commemorations in molecular biology : From collective memory to comparative history », dans Abir-Am, P.G. ; Elliott, C.A. (dir. publ.), *Commemorative Practices in Science : Historical Perspectives on the Politics of Collective Memory*, Chicago, Chicago University Press, p. 324-370.
- . 2000. « The Rockefeller Foundation and refugee biologists : European and American careers of leading RF grantees from England, France, Germany and Italy », dans Gemilli, G. (dir. publ.), *The « Unacceptables ». American Foundations and Refugee Scholars between the Two World Wars*, Bruxelles, Presses interuniversitaires européennes, p. 217-240.
- DE CHADAREVIAN, S. ; KAMMINGA, H. (dir. publ.) 1998. *Molecularizing Biology and Medicine, 1910s-1970s*, Londres, Gordon and Breach.
- FRUTON, J.S. 1972. *Molecules and life*, New Haven, Yale University Press.
- HODGKIN, D. 1980. « J.D. Bernal, 1901-1971 », *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, p. 1-80.
- HOLMES, F.L. 1991 (vol. 1) et 1993 (vol. 2). *Hans Krebs and the Fine Structure of Discovery*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- JUDSON, H.F. 1979 (réédité en 1993). *The Eighth Day of Creation, The Makers of the Revolution in biology*, New York, Simon and Schuster.
- KOHLER, R.E., Jr. 1982. *The Rise of biochemistry : The Making of a Biomedical Discipline*, New York, Cambridge University Press.
- KORNBERG, A. 1989. *For the Love of Enzymes*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- LWOFF, A. ; ULLMANN, A. (dir. publ.) 1979. *Origins of Molecular Biology. A Tribute to Jacques Monod*, New York, Academic Press.
- MORANGE, M. 1998. *A History of Molecular Biology*, Cambridge MA, Harvard University Press.
- OLBY, R.C. 1974 (réédité en 1994). *The Path to the Double Helix*, Londres, McMillan.
- RABINOW, P. 1999. *Franch DNA*, Chicago, University of Chicago Press.
- RASMUSSEN, N. 1997. « The mid-century biophysics bubble : Hiroshima and the biological revolution in America, revisited », *History of Science*, 35, p. 245-296.
- SARKAR, S. 1998. *Genetics and Reductionism*, New York, Cambridge University Press.
- SWANN, B. ; APPRAHAMIAN, F. (dir. publ.) 1999. *J.D. Bernal : A Life in Science and Politics*, Londres, Verso.
- WRIGHT, S. 1994. *Molecular Politics*, Chicago, University of Chicago Press.