

HISTOIRE DES SCIENCES ET DES SAVOIRS

SOUS LA DIRECTION DE **DOMINIQUE PESTRE**

3. LE SIÈCLE DES TECHNOSCIENCES

TOME DIRIGÉ PAR **CHRISTOPHE BONNEUIL**
ET **DOMINIQUE PESTRE**



SEUIL

HISTOIRE DES SCIENCES ET DES SAVOIRS

DANS LA MÊME SÉRIE

Histoire des sciences et des savoirs

sous la direction de Dominique Pestre

TOME 1 De la Renaissance aux Lumières

sous la direction de Stéphane Van Damme

TOME 2 Modernité et globalisation

sous la direction de Kapil Raj et Otto Sibum

TOME 3 Le siècle des technosciences

sous la direction de Christophe Bonneuil et Dominique Pestre

Sous la direction de DOMINIQUE PESTRE

HISTOIRE DES SCIENCES ET DES SAVOIRS

3. LE SIÈCLE DES TECHNOSCIENCES (DEPUIS 1914)

Sous la direction de CHRISTOPHE BONNEUIL
et DOMINIQUE PESTRE

M. ARMATTE, C. BIGG, C. BONNEUIL, S. BOUDIA, C. CAO, A. DAHAN, D. EDGERTON,
P.N. EDWARDS, S. FRANKLIN, D. GARDEY, J.-P. GAUDILLIÈRE, N. JAS, C. LÉCUYER,
J.-M. LÉVY-LEBLOND, V. LIPPHARDT, Y. MAHRANE, T. MITCHELL, L. NASH, D. PESTRE,
A. RASMUSSEN, J. REVEL, S. SCHWEBER, S. SHAPIN, T. SHENK, S. VISVANATHAN

Traductions de l'anglais
CLARA BRETEAU et CYRIL LE ROY

ÉDITIONS DU SEUIL
25, bd Romain-Rolland, Paris XIV^e

ISBN 978-2-02-129813-0

© Éditions du Seuil, octobre 2015

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L.355-2 et suivants du Code de propriété intellectuelle.

www.seuil.com

INTRODUCTION

AU TOME 3



Le siècle des technosciences (depuis 1914)

CHRISTOPHE BONNEUIL
ET DOMINIQUE PESTRE

Si le ^{xix}^e siècle fut celui de l'invention de *la* science comme autorité épistémique et politique reposant sur *les* sciences données comme sources des progrès techniques et industriels, le siècle qui commence avec la Première Guerre mondiale est celui de la pénétration des savoirs scientifiques et de leurs imaginaires dans tous les aspects de la vie sociale, économique et culturelle. Du pouvoir de l'atome au consumérisme high-tech, de la scientification de la guerre à la molécularisation de la médecine ou de l'agriculture, de l'affirmation des sciences économiques et sociales au *monitoring* scientifique du réchauffement climatique, rares sont les fragments de notre réalité qui n'ont pas été transformés par les sciences, les techniques et les savoirs contemporains.

Ce volume explore donc le déploiement des sciences et des techniques dans tous les milieux, académiques, industriels et militaires, dans les appareils d'État et les organisations internationales, dans le management de l'économie et la gestion des dégâts du progrès – mais encore la masse des savoirs produits dans le corps social, les *think tanks* et les ONG. Sont aussi au cœur de ce volume les *manières de produire* ces connaissances, les espaces dans lesquels elles voient le jour, ce qui fait qu'elles prennent la forme qu'elles ont ; mais encore les cités de justice et ontologies qu'elles promeuvent, les outils et dispositifs qu'elles engendrent, les impacts qu'elles ont sur les milieux et les populations. Le but est de voir large, de dire ces savoirs en situation, de signaler les tendances lourdes, de repérer les arrangements nouveaux qui surgissent ; mais encore l'articulation du systémique et de l'inattendu, le travail institutionnel pérenne et le surgissement « par le bas » – les logiques argumentatives comme les rapports de force.

Faire ce travail requiert de procéder de multiples façons, de varier les angles d'approche, les échelles, les catégories, les cadres méthodologiques et ontologiques. La première partie de ce volume part des grands

champs d'activité sociale, de l'État et du politique, des militaires et de la vie industrielle, des idéologies sociales, des promesses et des affaires, et de leurs relations aux sciences et savoirs. Elle considère les images des sciences et des scientifiques, leur promotion comme leurs conséquences. Elle décrit la transformation des formes de vie des populations induite par le développement technoscientifique comme les formes de connaissance qui en surgissent. Elle s'attache à la critique, aux formes alternatives de savoir, à la place de la « société civile ». Elle prend à bras-le-corps les régulations, leurs outils, leurs logiques et renversements.

La deuxième partie considère les sciences elles-mêmes, ce qu'elles disent et font, la manière dont elles pensent et produisent le monde – plus exactement elle donne une idée de leur variété et de quelques-unes de celles qui ont pesé depuis 1914 : les sciences physiques alors dites « fondamentales » et qui enracinent les discours épistémiques de l'essentiel du ^{xx}e siècle ; la longue durée des sciences technobiologiques et du gène ; le déploiement des savoirs sur l'environnement, de la conservation de la nature aux services écosystémiques. Mais encore la modélisation et les simulations qui transforment la pratique des sciences depuis les années 1920 ; la montée en puissance d'une science économique s'autonomisant et devenant outil de gouvernement ; la maturation des sciences sociales, leur diversification et leurs variations épistémiques et géographiques – mais encore, puisque le siècle l'imposait, la compréhension de la « diversité humaine » et des races par des sciences prises dans les rets des idéologies sociales.

Notre dernier angle d'approche, dans ce volume, consiste à regarder les savoirs, outils et dispositifs de gouvernement – puisque le savoir n'a cessé de s'affirmer comme l'une des formes premières de légitimité de l'action au cours du siècle. À considérer la gestion des corps, notamment du corps féminin, objet par excellence des sciences médicales et comportementales dans ces années – et fantastique lunette pour saisir les changements qui traversent le siècle. À décrire le management de l'« innovation », et notamment à penser son lien à la propriété et aux volontés économiques des États. À dire les cadres épistémiques et les outils mis en place pour gouverner les conséquences sanitaires et environnementales du développement technique. À présenter comment la Terre est devenue objet de science et de politique, les dispositifs d'information, de collecte et de calibration qu'il a fallu mettre en place, à l'origine dans un cadre militaire, pour surveiller et gouverner ce « système Terre ». Et finalement à regarder ce qu'a signifié le « développement », en considérant les débats et critiques qui ont entouré la mise en place de l'État développementaliste en Inde, et les mutations récentes, technoscientifiques, industrielles et économiques de la Chine.

Les grands traits du siècle

Nous commencerons ce volume par une série de propositions sur les sciences et savoirs en tant qu'ils sont liés aux enjeux sociopolitiques et économiques de la période.

La première est que le xx^e siècle est *le siècle des guerres* – une proposition banale mais essentielle pour qui veut parler des sciences. Ce siècle est le moment des guerres totales et de la brutalisation systématique des populations (même si cela est pratiqué avant 1914 dans le monde colonial), le temps des guerres asymétriques et des guerres de libération nationale, de la guerre technoscientifique qu'est la guerre froide – et les sciences y ont solidement contribué *via* les techniques matérielles (des gaz de combat aux drones), l'optimisation des usages (la recherche opérationnelle), l'anthropologie et les sciences médicales. En retour, elles ont dû s'hybrider, elles en sont sorties recomposées, réinventées : la science des matériaux dérive ainsi, dans les États-Unis de la fin des années 1950, des besoins de la défense.

La guerre de 1914 est certes une guerre de production, mais les nouveautés techniques (l'avion, le sous-marin) et scientifiques (le réglage du tir à longue distance) ne sont pas sans importance. Avec le radar, les missiles et l'informatique, mais encore l'analyse des systèmes et la recherche et développement (R & D), la Seconde Guerre mondiale et la guerre froide rendent le phénomène irréversible. Les décennies de guerre froide puis celle de l'après-11 septembre 2001 ont sécrété une culture de guerre généralisée façonnée par l'urgence, qui a transformé l'être même des sociétés et des sciences. Matériellement et conceptuellement, ces dernières soutiennent dorénavant une politique de la sécurité et de la guerre permanente. Si les guerres ne se gagnent pas simplement par la science, mais sur le terrain, *via* le fantassin ou le partisan, et si la barbarie du siècle n'a pas nécessairement besoin du raffinement des technologies – la kalachnikov peut suffire –, il n'en reste pas moins que, de l'atome à l'espace et à l'environnement, cette omniprésence de la guerre marque profondément les pratiques d'investigation et les formes de régulation des sciences, des techniques et des savoirs sur l'ensemble de la période.

Ce siècle est aussi, deuxième thèse, *celui des États-nations*, d'États qui passent au centre de toute vie. Depuis la Première Guerre mondiale, les États sont dotés, grâce à l'impôt, de moyens inconnus du xix^e siècle. Ils anticipent les besoins et instruisent le développement économique. Ils le font à l'Est et dans les États totalitaires, mais aussi au Japon et dans la Turquie d'Atatürk, aux États-Unis sous Roosevelt comme dans les pays

sociaux-démocrates d'Europe. De même, les États développementalistes, à leur apogée dans les années 1960, font des sciences et de l'innovation un élément majeur de leur « modernisation ». Ces États organisent aussi la protection de leurs acteurs économiques dans la compétition internationale et sont, tout au long du siècle, les principaux entrepreneurs de science. Avec la Première Guerre, la plupart des pays européens se dotent ainsi de structures pérennes de financement de la recherche – le DSIR en Grande-Bretagne et le CNR en Italie sont institués durant le conflit. En 1945, « la science » étant décrite comme ayant gagné la guerre, les États se mettent à compter leurs savants et ingénieurs avec frénésie – ces derniers deviennent, sous la plume de ces gestionnaires, des *valuable commodities* – et à en planifier une production toujours croissante.

Une thèse veut que ceci n'ait plus vraiment cours, que nous soyons passés aujourd'hui à la gouvernance et au village global. Il y a du vrai dans cet énoncé : le Web et les réseaux sociaux sont devenus des agents politiques majeurs, et l'interconnexion des échanges comme le poids actuel de la finance limitent les marges de manœuvre de bien des États. Il convient toutefois de voir les limites de ces discours. Cela ne s'applique pas aux grands États – les dépenses de R & D du département de la Défense aux États-Unis restent actuellement supérieures, chaque année, à ce qu'elles étaient dans les hautes heures de la guerre froide. De même, la guerre économique mondiale restant largement une guerre entre systèmes fiscaux et industriels nationaux, chaque pays fait tout pour reproduire le miracle de la Silicon Valley dans son jardin. Si donc l'État a récemment perdu de son envergure, cela n'est pas vrai dans les champs technoscientifiques – les technologies de l'information et de la communication (NTIC) ou les biotechnologies, par exemple, autour desquelles États-Unis, Europe, Japon et Chine rivalisent avec de grands programmes.

Troisièmement, les années 1914-2014 sont *le siècle américain*. Les États-Unis sont déjà la première puissance industrielle dans les années 1920, le pays doté du plus grand potentiel de recherche dans les années 1930 et, depuis les années 1940, la puissance dominante en termes géostratégiques, médiatiques et culturels, d'innovation technique et institutionnelle, de consommation et de pollution. Terre d'accueil et pôle d'attraction scientifique, le pays recueille plus de 330 prix Nobel en sciences et économie en cent ans.

Parce que ce pays est le centre du système monde de la période, qu'il est éminemment technophile et libéral en termes économiques (comparé à l'Europe par exemple), qu'il est souvent radical dans ses explorations (l'eugénisme, la *big science*, l'utilisation de produits chimiques ou le *human enhancement*), il se trouve confronté aux problèmes avant les

autres et à plus grande échelle (pollutions massives ou question globale des ressources). Il tend à gouverner ces problèmes par de nouveaux instruments à forte teneur scientifique (*regulatory sciences*, analyses coût-bénéfice...) qui font émerger de nouvelles communautés d'experts jouant alors les premiers rôles mondiaux (par exemple dans l'agronomie post-Land-Grant, l'écologie post-Dust Bowl, l'économie de l'environnement ou la santé environnementale).

Parce que ce pays est éminemment libéral en termes sociaux et qu'il est doté de minorités résolues et vite professionnelles (pensez à ses ONG), il invente des solutions souvent radicales elles aussi (pensez à la puissance de l'EPA au début des années 1970). Comme son industrie est forte et que son système politique lui est très lié, les contre-attaques peuvent être aussi très dures (pensez aux *think tanks* libéraux et au détricotage des régulations environnementales dans les années 1980). Finalement, parce qu'il se raconte comme habité par un destin et qu'il a les moyens de sa politique, ce pays construit son hégémonie autant par la force (et son complexe scientifique-militaire-industriel) que par le *soft power* (industrie culturelle ou politiques de ses fondations).

Ce siècle est encore *le siècle d'une industrie en pleine explosion et réinvention*, le siècle de la démiurgie productive et de la consommation de masse; d'abord à l'Ouest puis dans les puissances émergentes de ce qui fut le « tiers-monde ». Il est le siècle de l'invention du PIB par les sciences économiques, et celui d'un PIB mondial multiplié par 25 (en dollars constants) entre 1900 et 2008. Il est en conséquence le siècle de l'industrialisation des sciences, de la recomposition des façons de produire et des techniques par les savoirs scientifiques. Les années d'après guerre sont celles de la *big science*, le siècle des révolutions vertes qui peuplent les paysages d'un petit nombre de variétés végétales et de races animales standardisées pour s'ajuster aux industries d'amont et d'aval de l'agriculture; ou de la chimie du carbone qui remplace progressivement les matériaux historiques (verre, bois, fer, cuivre, papier, caoutchouc, coton ou laine) par des produits de synthèse.

De la guerre de 1914 aux années 1970, l'industrie est d'abord une affaire nationale. Du fait des politiques d'autarcie dans les années 1930, du fait des États, du keynésianisme et de leur rôle de modernisateur dans les décennies d'après guerre. Dans cette période, la recherche industrielle est surtout pensée à travers le laboratoire de firme planifiant une offre toujours renouvelée et alliant recherche fondamentale et développement. Les exemples types, et qui servent de « modèles », sont les Bell Laboratories et les laboratoires de la chimie et de la pharmacie allemandes ou suisses. La production repose largement sur les commandes de guerre

pour l'électronique, les matériaux et la chimie, sur les remboursements que garantissent l'État social ou les assurances pour la pharmacie.

Depuis deux ou trois décennies, ces pratiques se sont transformées. La conception de produits et de lignées génériques s'adaptant rapidement à la demande – *et moins la R & D* – est devenue la pierre angulaire de la recherche industrielle. La R & D est devenue un paramètre qu'on peut externaliser. Cette évolution dérive de la guerre froide, du développement de la recherche et des start-up qu'elle permet, mais aussi de volontés politiques dans les États-Unis des années 1980 en réponse au sentiment de déclin qui y prévaut. Amorcées par une redéfinition des règles de la propriété intellectuelle et le Bayh-Dole Act, elles conduisent à des formes de parcellisation des savoirs, d'une part, à des formes de monopole et de judiciarisation, de l'autre. Une économie politique et morale des savoirs nouvelle et assise sur une propriété plus exclusive (les droits de propriété industriels) s'installe donc au cœur de ce qu'on nomme souvent – expression ectoplasmique et à fonctions multiples – les « économies » ou « sociétés de la connaissance ».

Le siècle qui nous occupe est, cinquième proposition, *le siècle des rêves et espoirs technologiques*, des images heureuses d'une nature nettoyée grâce au DDT (« l'Idaho sans insecte »), de l'évolution dirigée et sélective des « races » humaines, de l'énergie nucléaire bon marché, de l'espace « terre de conquête », des molécules ciblées de la pharmacie, de la reproduction maîtrisée, de la lutte contre la faim grâce aux semences nouvelles, du contrôle de la vieillesse *via* la biologie de synthèse – des images reprises en boucle par des médias, pour certaines depuis un siècle, qui nous disent la grandeur des sciences et le progrès. Le siècle a été et reste largement celui des idéologies scientistes – celles qui ont soutenu le monde du socialisme scientifique, de l'État développementaliste, de la Chine communiste et postcommuniste – et bien sûr du libéralisme économique et des marchés qui optimisent, par nature disent ses chantres officiels, les solutions techniques les plus idoines.

Le discours des dernières décennies veut aussi que ce scientisme modernisateur ne soit plus totalement de mise, que nos sociétés soient devenues attentives aux dégâts et effets pervers qu'elles occasionnent – qu'elles aient quitté la modernité insouciance pour devenir des « sociétés du risque », des « sociétés réflexives » et « postmodernes ». Ces discours capturent quelque chose de vrai à condition de ne pas sous-estimer les réflexivités du passé ni la centralité persistante des logiques de puissance et de croissance du présent. Qui plus est, les aspirations humaines sont elles-mêmes contradictoires. Les demandes de précaution vis-à-vis des effets de long terme des nouveautés technoscientifiques s'accompagnent

d'une adoption massive des hautes technologies, des technologies mobiles de l'information et de la communication aux demandes de techniques médicales, voire d'« augmentation de soi ».

Ce siècle est donc aussi *le siècle des dégâts du progrès et des inquiétudes*. C'est le siècle de l'amiante et des « smogs », des pollutions devenues globales, du changement climatique, de la déforestation (5 des 10 millions de kilomètres carrés de couvert forestier perdus depuis 11 000 ans l'ont été au seul ^{xx}e siècle). C'est le siècle des vaccinations de masse mais aussi des cas de menaces sur la santé publique causées par des produits de la biomédecine (la thalidomide par exemple). C'est également l'âge d'un basculement sanitaire, de la prédominance des maladies infectieuses à l'affirmation mondiale (y compris au Sud) des maladies chroniques liées aux modes de vie urbains et à l'omniprésence de molécules de synthèse dans l'environnement. Et les décennies d'après 1945 sont désormais identifiées à la « grande accélération » de l'Anthropocène.

Les critiques du « progrès » sont vives au sortir de la Première Guerre mondiale (du fait des techniques employées, les gaz par exemple), durant la Grande Crise (certains proposent alors un moratoire sur la recherche), après l'explosion des deux premières bombes atomiques en 1945. Le mouvement de défiance prend toutefois une nouvelle ampleur à partir des années 1960, en réponse à une industrialisation exceptionnelle. Naturalistes défendant la nature, physiciens dissidents de la bombe, écologues alertant sur les atteintes à la biosphère, et finalement climatologues – les scientifiques jouent un rôle clé dans l'identification des problèmes. Mais c'est aussi aux transformations sociales et à l'émergence de classes moyennes éduquées que ce mouvement est redevable. Et depuis les années 1990, les entreprises elles-mêmes se disent les maîtres d'œuvre d'un progrès et d'un développement « verts ».

La période est aussi, en septième lieu, celle *de la multiplication des espaces de savoir* et des conflits autour de ce qui constitue un savoir légitime. Après un long mouvement de professionnalisation du savoir scientifique engagé au ^{xix}e siècle, de disqualification épistémique des amateurs et de division du travail entre innovateurs et usagers dans les sociétés industrielles, le ^{xx}e siècle voit la multiplication d'espaces alternatifs aux universités, aux industriels et à l'État. En témoignent le rôle des fondations dans l'orientation de la recherche dès les années 1910 aux États-Unis, la poussée des ONG de développement ou de défense de l'environnement dans les années 1970, et dont les équipes de recherche pénètrent le territoire des savoirs experts. C'est le cas avec les mouvements féministes de santé et de maîtrise de la reproduction, puis avec les associations de malades qui bousculent les pouvoirs biomédicaux

et font évoluer les lois et programmes de recherche, et plus récemment avec la vogue des sciences dites « participatives ». C'est enfin le cas avec la gamme très large de mouvements de contestation après 1968, du monde des économistes dissidents au mouvement altermondialiste, des instituts d'écologie indépendants allemands au mouvement pour l'agro-écologie au Brésil.

C'est aussi le cas, dans un registre symétrique, avec les *think tanks* libéraux et conservateurs (la Heritage Foundation ou Enterprise), des institutions de réflexion créées à l'initiative du monde des affaires dans les mêmes années 1970, et dont le but est de miner l'évidence des discours keynésiens et à vocation sociale qui dominent alors l'Université. Leur but est d'asseoir à leur place, en prenant appui sur l'espace public comme lieu de légitimation, le discours de la libéralisation nécessaire. Dans les années 1990, à la chute du mur de Berlin, ces groupes promeuvent aussi le discours de la guerre nécessaire et du conflit inévitable des civilisations. Ces *think tanks*, mais aussi les intérêts industriels organisés (comme l'a notamment montré la mise au jour des *tobacco files*), contribuent fortement au remodelage des savoirs universitaires légitimes dans les champs de l'économie, mais également du droit, de l'environnement, de la toxicologie et de la santé, voire du climat, avec le financement massif de travaux climatosceptiques.

Ce siècle est encore *le siècle des régulations croissantes*, de la multiplication des comités d'experts, des administrations et agences. Le cœur du problème de la régulation est la tension entre le devoir de maintenir la croissance *via* le progrès technique, dogme incontournable, et la nécessité de protéger les populations contre les effets indésirables de ce progrès (nécessité qui varie fortement des pays riches aux pays pauvres, et des élites aux corps vils). Portée par des intérêts contradictoires, cette tension se traduit le plus souvent par le refus d'interdire totalement un produit lorsqu'il n'y a pas de produit de remplacement moins toxique, et par l'invention de dispositifs gestionnaires toujours nouveaux et qui s'accumulent. Par exemple la définition de seuils de toxicité (dès les années 1920), le calcul en coût-bénéfice après la Seconde Guerre mondiale (car on ne peut exiger une protection dont le coût serait prohibitif), l'évaluation et le management des risques (surtout depuis les années 1970 et 1980), les savoirs et politiques d'« adaptation » (depuis Tchernobyl, Katrina et Fukushima notamment) – mais aussi la gestion par le secret, la fabrication active de l'ignorance et les états de fait industriels.

Après une phase de régulation appuyée sur l'expertise technique dans les années 1930-1960, une nouveauté majeure, à partir des années 1970, est la mise en économie continue des pollutions et des questions

d'environnement – *via* les « instruments économiques », les taxes, les marchés de droits, les engagements volontaires de responsabilité des entreprises. Si les réglementations successives gardent souvent un train de retard sur la croissance globale des dégâts, elles n'en jouent pas moins un rôle important de polarisation des recherches, suscitant de nouveaux champs de savoir.

Le siècle continue aussi de connaître des formes actives *de biopolitique et de gestion des populations*. En continuité avec le siècle précédent, celles-ci reposent sur des savoirs scientifiques, la médecine, les institutions publiques, et elles restent d'abord un gouvernement des corps *subalternes* : corps ouvriers et populaires (soumis à de forts taux de toxicité), corps racialisés et coloniaux, corps féminins et corps déviants (homo- ou intersexuels), corps des sujets des essais thérapeutiques dont l'Inde est aujourd'hui le vaste laboratoire. Les rapports sociaux, raciaux et de genre sont au cœur scientifique, médical et gestionnaire du gouvernement des populations sur l'ensemble de la période, au cœur de formes (changeantes) de la biopolitique.

Pour les corps ouvriers et populaires du second XIX^e siècle, des conditions de travail et d'habitat en détérioration rapide génèrent des maladies spécifiques. Y répondent l'hygiène industrielle, portée par des réformateurs sociaux, puis la microbiologie. La nouveauté des années 1920 est la toxicologie, une science de laboratoire réductionniste et gestionnaire qui participe directement au management industriel et établit les seuils d'exposition. À partir des années 1950 et 1960, la transformation des conditions matérielles de vie, notamment du fait de la dissémination infinie des produits de la pétrochimie, conduit à une sorte de « démocratisation des pollutions » (puisqu'elles atteignent tout un chacun), à une redéfinition de la sécurité personnelle, et donc à l'explosion des contestations par des classes moyennes maintenant affectées.

Pour la gestion du corps féminin, qui engage souvent le « corps de la nation », les continuités sont aussi très fortes avec le dernier XIX^e siècle. Dans l'entre-deux-guerres, la médicalisation du cycle de vie sexuel des femmes est en cours, portée par l'hormonothérapie. Les savoirs démographiques et « eugénistes » sont aussi centraux dans les débats sur les capacités génératives des femmes et le contrôle des classes inférieures. Les pratiques eugénistes sont nombreuses, même si très différenciées. Les politiques de stérilisation sont fréquentes aux États-Unis, en Suède, en Suisse et bien sûr dans l'Allemagne nazie où l'hygiène raciale est la plus criminelle, alors que les pays catholiques la pratiquent peu. Après guerre, la question du contrôle démographique domine le gouvernement des populations du « Sud », tandis que dans les pays industrialisés s'ajoute

au planning familial le projet d'une sexualité épanouie – ce que promet la nouvelle science sexologique. Dissociant sexualité et engendrement, la pilule contraceptive marque le début de la « révolution sexuelle », de l'« enfant par projet » et, de façon plus générale, d'une biopolitique individualisée. Ce temps ouvre aussi à la reconnaissance des identités sexuelles différentes – toutes transformations qui sont centralement gagées sur les sciences et le développement technique, de l'endocrinologie à la chirurgie.

Finalement, et c'est notre dixième trait caractéristique du siècle, le xx^e siècle est *le siècle du monde terrestre* (enfin) *quadrillé*, de la Terre finie et inventoriée par l'ensemble des sciences – le moment terminal des globalisations qu'ouvre le xv^e siècle. Du moins est-ce le récit que les élites du Nord se font de leurs cinq derniers siècles de conquêtes et « découvertes ». La Terre, ses territoires comme ses populations sont dorénavant connus, enregistrés, maîtrisés. La géopolitique naît comme domaine d'action et la discipline géographique se recompose, en France comme en Allemagne. Elle parle des « limites de notre cage » (expression de Jean Brunhes en 1909) et considère que le temps qui s'ouvre est celui de l'exploitation rationnelle de la planète. Le xx^e siècle est un monde approprié car travaillé en continu par les sciences de l'inventaire et de la conquête (après l'Antarctique peu avant 1914, c'est le cas des fonds océaniques et de la haute atmosphère durant la guerre froide), un monde dont le « rétrécissement » repose sur le déploiement massif de technologies (de la radio au Web et de l'automobile à l'avion).

Ce « rétrécissement » se traduit en doctrines diverses d'un monde clos (celui de la surveillance des territoires et populations pour la guerre), d'un monde interdépendant (un phénomène drastiquement accentué par la financiarisation globale), parfois dans les termes d'un « organisme terrestre » vivant (selon les mots de Vidal de La Blache) – d'un monde qui serait dorénavant sans frontières, sauf celle que le Nord se donnera à nouveau dans les années 1960 au travers de l'espace et de son imaginaire.

Un siècle de pratiques et discours des sciences

Ce siècle est d'abord, pour ce qui a trait aux sciences elles-mêmes, *le siècle des sciences de laboratoire*, des sciences qui refont le monde à travers le détour par ce lieu artificiel qu'est l'expérimentation contrôlée. Dans la lignée du siècle précédent, le laboratoire et les ensembles théoriques qui l'accompagnent supplantent les sciences d'observation et de collection. Des années 1910 aux années 1970-1980, ce sont les sciences physiques et leurs génies associés qui imposent leurs marques matérielles, qui

pèsent sur ses choix techniques et politiques. Dans l'espace *public* des sciences, ce sont la mécanique quantique et la physique atomique, puis la physique des hautes énergies qui s'imposent – la nouvelle génétique et la biologie moléculaire ne réussissant à obtenir la même autorité épistémique que plus tard.

C'est au sein *des sciences physiques* que se définit alors la notion de « fondamentalité », une notion que reprennent les philosophes – pensez au cercle de Vienne, à Bachelard, Popper, Kuhn. C'est à travers la mécanique quantique et la théorie de la relativité que s'énoncent les normes de la bonne science – même si chimistes, biologistes et physiciens des solides les contestent. Et ces sciences s'imposent du fait de leur rôle dans la guerre, la physique des hautes énergies en profitant pleinement en termes financiers – ce qu'illustre parfaitement le cas du CERN, créé au tournant des années 1940-1950.

Dans cette période, toutefois, la physique est une affaire beaucoup plus large – et ce sont l'électronique solide et la science des matériaux que financent massivement les industriels et, dès 1958, les militaires. Les titres de gloire de ces sciences techniques-industrielles incluent alors les transistors, les communications, le guidage, les ordinateurs, l'explosion de matériaux nouveaux – mais aussi l'instrumentation, notamment pour la médecine et pour ces technosciences centrales en termes industriels que sont la chimie et la pharmacie.

Depuis la fin des années 1970, ce sont d'autres sciences de laboratoire, d'autres technosciences qui ont pris cette place dans les imaginaires et, dans une mesure un peu moindre, dans les réalités industrielles : *les sciences de la vie et les biotechnologies*, des sciences en mesure de recombiner et d'optimiser le vivant. Peut-être aussi parce qu'elles se solidifient dans les années de libéralisation économique, les modes de travail de ces sciences apparaissent comme d'emblée « pragmatiques ». Elles sont explicitement orientées vers et par des volontés d'action technologique, leur efficacité est d'abord gagée sur des savoir-faire et des techniques – elles sont, en un sens, des manières de faire et de manipuler autant que des « corps de connaissances ». Leur rôle dans la guerre n'est pas aussi central que celui des sciences physiques et mathématiques mais elles conduisent à des formes de biopolitique historiquement neuves à l'interface des individus et des marchés.

Les changements des dernières décennies ne se limitent toutefois pas à un déplacement du centre de gravité de la technophysique à la technobiologie, avec les glissements d'images, de normes et de pratiques scientifiques et productives qui les accompagnent. La pratique des sciences s'est aussi recomposée du fait *du déploiement des outils mathématiques*

et informatiques, du fait de la puissance de calcul des ordinateurs, du fait des modélisations et simulations qu'ils permettent. Les capacités de lecture directe des phénomènes (*via* les puces à ADN en biologie par exemple, qui enregistrent et traitent automatiquement et en ligne de très grands nombres d'interactions), les capacités de stockage de l'information (l'immensité des banques de données qui sont au cœur de la physique des hautes énergies comme des sciences du système Terre), comme les capacités de traitement des données (la variété des logiciels, eux-mêmes largement distribués et échangés) ont transformé en profondeur la vie des sciences et de la recherche.

Les effets de cette montée en puissance exponentielle des moyens d'engendrement et de traitement de l'information se manifestent dans tous les domaines. Les modélisations sont ainsi devenues l'essence de l'analyse des grands systèmes naturels après avoir été au cœur du déploiement des grands systèmes technico-militaires (rappelons que c'est à la conception des bombes à hydrogène qu'ont d'abord servi les premières simulations sur ordinateur numérique à la fin des années 1940).

De nouveaux champs de science ont aussi émergé dans les dernières décennies. Si l'histoire du dernier siècle et demi a été celle d'une montée inexorable des approches réductionnistes et des sciences de laboratoire au détriment de toutes les autres, les dernières décennies ont vu *le retour des approches holistes* ou « systémiques ». La vie des sciences s'occupe largement aujourd'hui d'écosystèmes, de questions d'*engineering* écologique, du réchauffement de la planète. Des dizaines de milliers de chercheurs travaillent sur le système Terre et ses équilibres, sur la biodiversité et son évolution, sur les effets des pollutions, sur la gestion des « risques globaux » – toutes choses dont les racines intellectuelles sont dans l'écologie et qui sont assez nouvelles par rapport à ce qui a fait la gloire des sciences de la première moitié du siècle. Une conséquence ne peut qu'en être la fin du rêve de l'unité des sciences, la fin de la quête du « fondamental », la fin de la norme épistémologique unique encore rêvée en 1960.

Les raisons de ce « retour » des questions globales sont nombreuses. Il s'agit d'abord de l'émergence des nouveaux outils informatiques que nous venons de mentionner. Ils sont la condition de ces études, la condition de l'intégration de la masse très diversifiée d'observations et de données en un espace cognitif unique. Ils sont aussi la condition de l'alerte puisque ce sont les travaux des scientifiques qui ont rendu « réels », à partir des années 1980, le réchauffement climatique global ou la réduction de la biodiversité. Plus généralement, toutefois, ce sont les ratés du progrès et leur cortège d'affaires et d'effets environnementaux pervers – et bien

sûr la forme que leur ont donnée les sciences et le mouvement écologiste depuis les années 1960 – qui ont fait surgir ces questions dans l'espace public et ont conduit les savoirs scientifiques à se déployer massivement dans ces directions.

Dans ces champs nouveaux de science, les questions de gestion et les considérations morales et politiques sont irrémédiablement mêlées aux études et évaluations de fait – en bref, ces analyses sont *autant descriptives que prescriptives*. Les questions sont celles de la conservation et de la durabilité, du management de la nature et du futur de l'espèce, de l'inflexion souhaitée des choix techniques ou de développement. Autour du changement climatique par exemple, les questions mêlent inexorablement la qualité du maillage des mesures faites par les satellites, la mobilisation de disciplines très diverses (océanographie ou paléochronologie), la maîtrise des logiciels, la qualité des hypothèses, le choix des paramètres et calibrations. Mais les questions sont aussi celles du partage géopolitique des responsabilités, le choix des régulations à mettre en place, celui des indicateurs à utiliser (la mesure des émissions de CO₂ par exemple) et qui sont censés guider l'action (réduire le réchauffement) à travers des dispositifs économiques et politiques spécifiques (un marché du carbone). Ces problèmes sont conflictuels et intrinsèquement politiques, et les solutions retenues peuvent induire des effets pervers nombreux (la mesure du CO₂ est-elle un bon indice de l'équilibre du système Terre ? Quels biais sont introduits si l'on ne retient que celui-ci pour fonder une politique ?). C'est aussi cette complexité du problème qui fait que les sciences sociales sont maintenant mobilisées, dans ces champs, en parallèle aux sciences « de la nature ».

Les conséquences sociales et politiques de ces nouvelles sciences du système Terre, des pratiques de simulation et de modélisation, comme des bio-nano-technologies, sont finalement considérables. Elles sont d'une nature très neuve – pensez, pour prendre un exemple extrême, au clonage humain ou au transhumanisme dont les enjeux civilisationnels sont plus massifs encore que ceux de la physique du xx^e siècle. Les simulations et traitements informatiques gargantuesques conduisent à des descriptions et scénarios que personne ne peut appréhender indépendamment d'elles. Le débat démocratique peut alors se retrouver dans une position très particulière puisque seules ces simulations peuvent dire ce que sont « les faits », alors que les scientifiques continuent d'en débattre. La question de la *confiance* dans le travail des scientifiques comme celle de la gestion de cette confiance dans l'espace public et médiatique deviennent donc des questions politiques majeures.

Mais ce siècle est encore celui de *l'invention des sciences sociales*. Parce

que la question sociale envahit l'espace public des démocraties impériales et de masse que sont l'Europe et les États-Unis au début du siècle. Des savoirs portant sur la « société » et se déclarant scientifiques s'affirment donc – la sociologie par exemple, ou l'économie. Les cadres nationaux comme les traditions intellectuelles restent toutefois décisifs : les sciences sociales présentent de grandes variations de pays à pays, dans leurs découpages disciplinaires ou leurs positionnements de méthode. Aux États-Unis, ces savoirs s'articulent à des préoccupations d'intervention sociale. Le béhaviorisme, la psychologie sociale et le fonctionnalisme sont puissants, cette tendance à l'ingénierie sociale s'amplifiant au temps de la guerre froide. En Allemagne, pour un contraste, c'est la « théorie critique » qui s'impose après guerre, et elle analyse le capitalisme, l'aliénation, les formes culturelles.

À partir des années 1950, les sciences sociales basculent et décrivent des mondes scandés par des paradigmes et des sauts discontinus – les travaux de Claude Lévi-Strauss et de Thomas Kuhn pouvant servir d'étendards. Dans un jeu de balancier bien connu, les sciences sociales des années 1970 se tournent en revanche vers les individus et leurs capacités à refaire les mondes – vers l'*agency*, la coproduction, l'hybridité, les objets frontières. Plus récemment, c'est la « provincialisation de l'Europe » qui donne le *la*.

On pourrait donc parler, s'inspirant de Hartmut Rosa, d'un premier moment des sciences sociales, ouvert par Marx, Weber et Durkheim, et qui s'intéresse à la transformation historique des sens du temps. Puis d'un deuxième, puissant dans les années d'après guerre, et qui s'attache aux « structures », reproductions et temps longs. Enfin d'un troisième, depuis quarante ans, qui regarde la manière dont les « acteurs » font sens du monde et ne cessent de le transformer. Paradoxalement, ces sciences sociales qui tracent des foisonnements et revirements nombreux et locaux s'intéressent peu à la question des temporalités historiques.

Les années 1914-2014 constituent finalement *le siècle des économistes*, des experts devenus les conseillers privilégiés des princes. Leur savoir s'autonomise au début du siècle. Une rupture s'opère toutefois dans le monde anglophone lorsque le terme *economics* s'impose au détriment d'« économie politique ». Ce mouvement d'élaboration d'une nouvelle approche et d'un cadre d'analyse plus technique s'appuie sur la création de statistiques autonomisant l'activité économique, et dont l'origine est d'abord dans le monde des affaires et de la finance.

La discipline économique (*economics*) invente dans les années 1930 « l'économie » (*the economy*) – c'est-à-dire l'ensemble des flux de production et de redistribution, conçus à l'échelle nationale comme une gigantesque machine qu'un appareil moderne de savoir, de calcul et de gouvernement

peut optimiser. Central pour les États, cet objet conduit à l'émergence de nouvelles données et indices (le revenu national) et à une réorientation du politique qui donne aux économistes professionnels une place incontournable. Dans l'après-guerre, la mathématisation s'impose définitivement (un mouvement stimulé par la guerre froide et la R & D) et les économistes (*via* le modèle Arrow-Debreu notamment) pensent l'économie en termes de système en équilibre compétitif.

Le « marché », comme catégorie dotée d'un sens nouveau, s'impose dans les dernières décennies – et il transforme radicalement le paysage de la science économique. Le marché n'est alors plus seulement le lieu de l'échange économique mais l'espace dans lequel des individus libres partent des prix pour définir la voie qui produira le résultat socialement optimal. Le point focal de l'analyse n'est donc plus l'ensemble de l'économie (*the economy*) mais les décisions d'un *Homo economicus* stratégiquement compétent.

Très vite cette microéconomie montre tout son intérêt et aide à faire advenir les acteurs qui comptent. Même si les États ne restent pas sans pouvoir (dans les grands pays), les banques centrales et les institutions financières deviennent les endroits où les décisions se prennent, au détriment des élus. Les lieux les plus lucratifs sont dorénavant dans la finance, dont les outils dérivent de l'économie financière et de ses techniques mathématiques. En ce sens, l'économie comme discipline contribue centralement à faire advenir le monde des dernières décennies, à faire qu'il puisse se déployer continûment – en bref, elle le *crée* plus qu'elle ne le décrit.

Comment conclure ?

En notant d'abord l'emmêlement des chronologies et la complexité des logiques de transformation qui peuvent être invoquées. Une première chronologie peut être construite à partir des grandes mutations scientifiques et techniques, sociales, économiques et géopolitiques. Elle séparerait (en gros) les années 1910-1970 des années 1970-2010 et caractériserait la nature des sciences mobilisées, les modes d'innovation, les certitudes sociales et le rapport à « la Science ». D'un côté seraient les sciences de laboratoire, la physique « fondamentale », l'écologie des écosystèmes quantifiant des flux d'énergie et de matière, l'« économie nationale », la biomédecine moléculaire et curative, les sciences sociales « structurales », une démiurgie techno-industrielle questionnée seulement à la marge, des images de science simples. De l'autre les biotechnologies, les

mathématiques appliquées, les modélisations et les moyens de calcul, une écologie des perturbations, de la résilience et des « services » écosystémiques, le dispositif global des sciences du système Terre, les sciences sociales pensant individus, réseaux et corps, les marchés comme acteurs économiques centraux – et un monde « complexe », plutôt plat et fluide, et fait de réseaux, d'« incertitudes » et de devoir d'adaptation.

Mais on pourrait aussi proposer des chronologies plus courtes et parler par exemple du moment autarcique de l'entre-deux-guerres, de celui de la guerre froide, de la phase de libéralisation, et aujourd'hui de celle de la sécurité ; et, dans chaque cas, analyser ce que ce cadre signifie pour les pratiques de sciences et de savoirs.

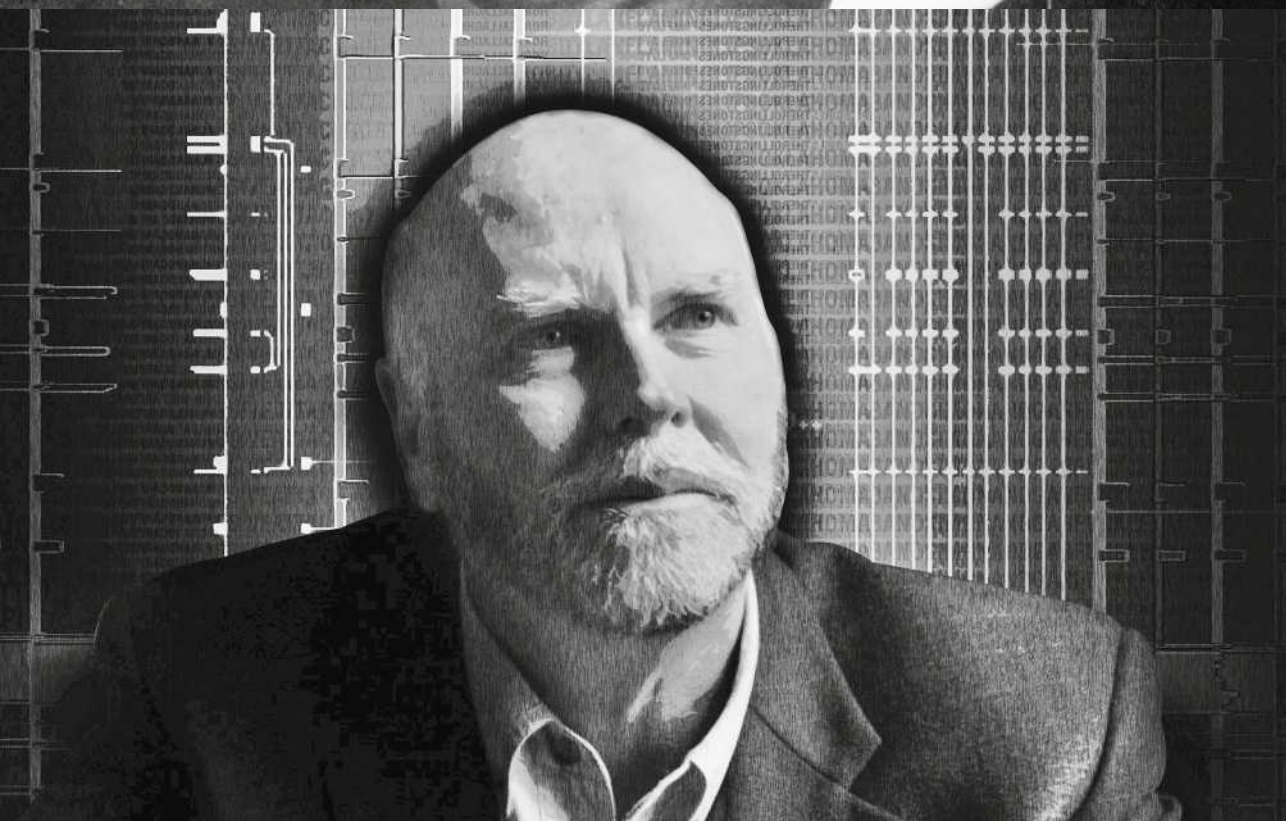
Il est aussi des continuités fortes et des logiques de retournements complexes. Les guerres sont décisives, bien sûr, et elles accélèrent l'investissement des États dans le déploiement national des sciences et techniques – au Nord, de 1918 aux politiques récentes de sécurité et, après les décolonisations dans les Suds, lors de la constitution des États développementalistes. Mais les héritages se font selon des logiques à fronts parfois renversés. Le retournement libéral des années 1980, par exemple, s'enracine profondément dans les logiques de la guerre froide – pensez au dilemme du prisonnier ou à « l'ontologie de l'ennemi » comme source de l'*Homo economicus* non coopératif, ou à la politique des brevets qui prévaut des années 1930 aux années 1970 et ce qu'elle fait advenir *malgré elle*.

En retour, les outils technoscientifiques modifient l'être des sociétés, les modes d'existence des individus, les modes d'action des acteurs financiers. La mondialisation et l'explosion des marchés (marchés de produits et marché des idées) conduisent à une redistribution des lieux de pouvoir, à une autre géographie des sciences et des techniques, à une vulnérabilité de nombre d'États – et à l'apparition d'une forme d'hégémonie nouvelle, pour parler comme Gramsci, qui se dit soucieuse des dégâts imposés à la planète (à défaut de l'être sur la question sociale) et qui est centrée sur les grands États et leurs experts, des organisations globales comme la Banque mondiale ou l'OMC, les réseaux d'entreprises multinationales (le World Business Council for Sustainable Development) et quelques grandes fondations et ONG.

Mais ces remarques ne permettent que d'appréhender de petits éléments de l'iceberg, elles oublient une infinité de mouvements – ce que, heureusement, les chapitres qui suivent permettent de situer et de mieux saisir.

PREMIÈRE PARTIE

SCIENCES, ÉCONOMIES, SOCIÉTÉS



1 Figures de scientifiques

STEVEN SHAPIN

L'identité du scientifique au cours du dernier siècle peut être appréhendée de diverses façons. La première consiste à recourir à la notion de *persona*, aux exemples typiques, à s'intéresser aux rôles sociaux et culturels reconnus du scientifique¹. Qu'est-ce qui a été *pensé* et *dit* à propos de la figure du scientifique, de sa constitution mentale et morale, des institutions et formes sociales au sein desquelles il évolue, de sa conduite idéale et réelle, de l'intérêt et de la valeur de ce qu'il fait ? Une autre approche, en apparence plus pragmatique et plus simple, consiste à explorer ce que les *statistiques* nous révèlent à propos des scientifiques. Combien sont-ils ? Que font-ils ? Dans quelles sortes d'endroits et d'institutions les trouve-t-on ? Comment, et à quelles fins, sont-ils sollicités ?

Cela fait déjà un certain temps que des historiens suivent la première approche (« souple » ou *soft-headed*) pour écrire sur la *persona* de ces scientifiques qui occupent des rôles à la fois valorisés et contestés dans les sociétés modernes, et dont nous pouvons voir à quel point leur image a changé dans la période récente. La notion quasi religieuse de vocation a cédé la place à la conception séculière d'un travail, le scientifique est passé du statut d'intellectuel à celui de spécialiste et de technicien, de celui de quêteur de vérité à celui de producteur de biens indispensables à la croissance économique, la santé publique et la puissance militaire².

Je pourrais faire un récit plus nuancé de ce qui a été dit sur les scientifiques depuis un siècle, mais je souhaiterais regarder plutôt ici des questions moins débattues liées à l'émergence des statistiques. Dans quelles circonstances la population scientifique a-t-elle commencé à

1. La notion de *persona* s'est répandue en histoire des sciences, notamment par les travaux de Lorraine Daston, mais tous ces termes peuvent être utilisés pour saisir quelque chose à propos des transformations, au cours de l'histoire, des représentations des personnes étudiant la nature. Cf. Daston et Sibum 2003, Daston et Galison 1992.

2. Kohler 1994, Herzig 2005, Haynes 1994, LaFollette 1990, Kaiser 2002 et 2004, Shapin 2008a et 2008b, Stevens 2013.

faire l'objet de recensements systématiques ? À quelles fins ces derniers ont-ils été effectués ? Avec quels effets sur les régimes de valeurs et sur la gestion des personnes occupant les rôles scientifiques ? Et puis comment les scientifiques ont-ils été identifiés et classés en catégories avant d'être comptés ? Les projets statistiques sont en effet financés par les gouvernements, alors que les discussions sur la *persona* se déroulent le plus souvent dans les cercles d'historiens, ce qui n'est pas dénué d'importance. Le projet statistique est orienté vers des fins pratiques tandis que le projet culturel a pour objectif la compréhension historique et sociologique. Mais quiconque entreprenant de compter les scientifiques doit avoir une idée préalable de qui sont ces « gens », et tout projet statistique suppose un minimum de projet culturel « souple », de documentation sur la *persona* et l'image du scientifique.

Même si des initiatives ont été prises au cours de la première moitié du xx^e siècle pour recenser les scientifiques et organiser les résultats de ces recensements sous forme exploitable¹, le comptage systématique des scientifiques et la dissémination d'informations quantitatives à leur sujet aux administrations et responsables politiques ne deviennent réellement significatifs qu'au cours de la Seconde Guerre mondiale et des décennies qui suivent. On peut évoquer quatre raisons à ce constat. Premièrement, le xx^e siècle est marqué par un changement historique du statut de la science qui, de passe-temps, devient un métier. Le plus grand scientifique du xix^e siècle, Charles Darwin, est encore un amateur qui fait avec ses propres moyens et n'est jamais payé pour effectuer son travail de recherche. Dès les années 1930, en revanche, la vie scientifique se caractérise par son professionnalisme, avec une généralisation de l'échange de connaissances et de compétences scientifiques contre rémunération. Deuxièmement, le monde compte beaucoup plus de scientifiques au milieu du siècle qu'il n'y en a jamais eu auparavant, et les observateurs appartenant à la communauté scientifique, comme ceux qui lui sont extérieurs, s'intéressent beaucoup à cette croissance du nombre de scientifiques et à ses conséquences. Troisièmement, tout au long du siècle, l'industrie, les militaires et l'État sont de plus en plus intéressés par les études conduites par les scientifiques dans les laboratoires de recherche industriels ou dans des installations gouvernementales. Enfin, les appréciations de ce qu'*est* le savoir scientifique, et de ce à quoi il est utile, associent de plus en plus la science, au cours du siècle, aux préoccupations pratiques, techniques et commerciales.

Selon une anecdote du physicien Robert Oppenheimer, à la fin des années 1920, un mathématicien de l'université de Göttingen, qui se rend

1. Godin 2007a.

tous les ans à la « Technische Hochschule » pour donner un cours sur « la relation entre la science et la technologie », est obligé de renoncer à son enseignement pour cause de maladie. L'un de ses éminents collègues le remplace et commence alors son discours en disant qu'il lui a été demandé de parler de la relation entre science et technologie, mais que cela lui est rigoureusement impossible puisque « *Sie haben ja gar nichts miteinander zu tun* » (elles n'ont rien à voir l'une avec l'autre)¹. La science est une chose et la technologie en est une autre. À Los Alamos, pendant la guerre, Oppenheimer dirige le programme qui doit permettre le développement de l'arme atomique grâce aux connaissances de la physique « fondamentale ». Après la guerre, il aime raconter l'histoire de Göttingen pour montrer combien les choses ont changé, et avec quelle rapidité.

D'après leurs documents, les gouvernements d'après guerre veulent connaître le nombre de scientifiques parce que ces derniers sont une ressource précieuse qui doit pouvoir être évaluée, gérée et mobilisée comme les autres ressources précieuses. Ces pratiques aboutissent rapidement à ce que l'on peut appeler la « normalisation » du rôle du scientifique. Si l'homme de science a pu être considéré comme un « prêtre de la nature » (selon l'usage au XVII^e siècle), comme répondant à un appel séculier (au sens de Max Weber)², ou comme un membre d'une communauté unique par ses vertus (selon la sociologie des sciences de Robert Merton), vers le milieu du siècle le scientifique est généralement vu comme un professionnel salarié dont les activités ont une valeur pratique qui lui valent d'être soutenu³.

La *big science* et ses acteurs

La normalisation de l'identité du scientifique s'accélère grandement avec la Seconde Guerre mondiale et la guerre froide. Dans son discours d'adieu resté célèbre, le président des États-Unis Dwight D. Eisenhower s'inquiète en janvier 1961 de l'influence politique injustifiée du « complexe militaro-industriel », évoquant le risque que « l'ordre public puisse devenir captif d'une élite scientifique et technologique », mais aussi du développement de la collectivisation et de l'organisation de la recherche scientifique qui, selon certains critiques, étouffent la créativité⁴. Quelques mois plus tard, le directeur du laboratoire d'Oak Ridge de la Commission de l'énergie

1. Oppenheimer 1955 [1947] (p. 89).

2. Shapin 2006 et 2003.

3. Shapin 2008b.

4. Eisenhower 1972 [1961].

atomique des États-Unis introduit le terme de *big science* pour exprimer une inquiétude à propos de l'impact que la taille et les formes institutionnelles de l'entreprise scientifique contemporaine ont sur la qualité du travail scientifique¹.

En 1978, le biochimiste Erwin Chargaff déclare que la nouvelle biologie moléculaire a vendu son âme au démon de la grandeur et du carriérisme :

L'institutionnalisation de la science comme activité de masse, qui a débuté de mon vivant, s'est accompagnée d'une obligation de croissance permanente [...] – non tant parce qu'il reste beaucoup de choses à découvrir que parce qu'il y a tant de gens qui veulent être payés pour en faire².

Même s'il ne s'applique pas toujours à lui-même les conseils qu'il prodigue, Oppenheimer rappelle aux collègues de sa discipline que leurs compétences en physique ne les autorisent pas à se prononcer sur toutes sortes de questions intellectuelles, morales ou politiques :

L'étude de la physique, et je pense que mes collègues des autres disciplines seront d'accord pour que je parle également en leur nom, ne crée pas des philosophes rois. Elle n'a jusqu'à maintenant pas fait de rois. Elle ne produit pratiquement jamais de philosophes compétents – cela est si rare que ces derniers doivent être considérés comme des exceptions³.

Plus tard, Oppenheimer est présenté par Michel Foucault comme un parfait exemple de la nouvelle figure de l'« intellectuel spécifique » apparue dans le sillage de la Seconde Guerre mondiale, autorisée à se prononcer sur des questions techniques limitées mais qui ne joue plus le rôle de « représentant de l'universel ». En ce sens, le nouveau scientifique / intellectuel spécifique n'est finalement pas du tout un véritable intellectuel⁴. Ce que Foucault présente comme un fait caractéristique des dispositifs modernes avait été identifié auparavant par Charles P. Snow comme une incompréhension. Ce dernier se demandait ainsi pourquoi un scientifique comme Ernest Rutherford *n'avait jamais* été considéré comme un intellectuel. Mais Snow livrait là une bataille perdue depuis longtemps⁵.

1. Weinberg 1961. Des inquiétudes à propos de l'impact de l'organisation scientifique sur la créativité avaient été exprimées plusieurs années auparavant par Whyte 1956 (partie 5).

2. Chargaff 1978 (p. 117).

3. Oppenheimer 1955 [1947] (p. 92).

4. Foucault 1980 (p. 126-128).

5. Snow 1993 [1959] (p. 4). Ailleurs (p. xxv, n. 13), Snow exprime son mépris pour les « intellectuels », signe que lui aussi effectuait une distinction entre la figure du scientifique et celle de l'intellectuel.

Compter les scientifiques qui comptent

Si la *big science* apparaît comme un problème pour certains critiques du nouveau contrat entre la science et l'État pendant la guerre froide, ce dernier, de son côté, n'arrive pas à satisfaire ses besoins croissants en scientifiques et développe en conséquence une série de mesures agressives pour assurer cet approvisionnement. Les physiciens sont initialement les principaux bénéficiaires de ces demandes, mais de nombreuses autres spécialités, dont les sciences humaines, connaissent également un développement extraordinaire du nombre de leurs praticiens et de leurs ressources, stimulé par la conviction que les scientifiques de toutes sortes peuvent constituer des atouts essentiels sur le plan commercial, militaire ou civique¹.

Les arguments sur l'utilité du travail des scientifiques appuient la nécessité de disposer de connaissances statistiques sur leur nombre afin d'établir des projections sur les besoins futurs, des politiques concrètes permettant de produire les scientifiques nécessaires, et d'arrêter la production de personnel inutile. Ainsi, pendant et après la Seconde Guerre mondiale, l'idée du scientifique comme simple individu qui fait des découvertes est prolongée, voire remplacée, par une conception bureaucratique des scientifiques comme marchandises auxquelles est affectée une valeur, et dont le nombre doit être connu de manière précise puis augmenté grâce à des politiques publiques. Le sociologue canadien Benoît Godin décrit de manière très détaillée les initiatives conduites au début du xx^e siècle pour étudier et inventorier les stocks nationaux en ressources humaines scientifiques, exercices statistiques devenus plus systématiques et politiquement urgents pendant la Seconde Guerre mondiale et les décennies suivantes².

Science, the Endless Frontier (La Frontière infinie), un rapport de 1945 commandé par le président des États-Unis Franklin D. Roosevelt à Vannevar Bush, directeur du Bureau de recherches et de développement scientifiques des États-Unis (Office of Scientific Research and

1. Sur la physique, la formation des physiciens, ainsi que le rôle et le caractère des physiciens en Amérique pendant la guerre froide, voir notamment Kaiser 2002, 2004, 2006 et 2015 [à paraître en]. Voir aussi le livre désormais classique de Kevles 1977 (chap. 19-25). Sur les sciences sociales pendant la guerre froide, voir Lemov 2010, Buck 1985, Solovey 2013.

2. Godin 2002, 2005 (notamment p. 26), 2007b (notamment p. 5-7) et 2009 (p. 9-12 et 15-16). En appui de la mobilisation militaire prévue ou éventuelle, le gouvernement français avait conduit une série d'inventaires des ressources scientifiques entre les deux guerres mondiales, mais ce n'est que dans les années 1960 que des statistiques ont à nouveau été recueillies de manière systématique sur les ressources scientifiques « humaines et matérielles », cf. Bouchard 2006.

Development, OSRD) pendant la guerre, imagine la forme des dispositifs d'après guerre devant organiser les relations entre la science et le gouvernement fédéral, avec un assemblage rapide de chiffres sur le nombre de scientifiques et de personnels disponibles. En 1947, le rapport de John R. Steelman pour le président Harry S. Truman, plus complet, inclut une enquête statistique conduite de manière plus systématique¹. Les Britanniques, qui ont compilé des statistiques sur le personnel scientifique pendant la guerre, continuent à le faire après le conflit. En 1946, le comité Barlow de la Chambre des communes produit un rapport sur les besoins en personnel scientifique pour les dix années suivantes, ses auteurs ne voyant pas la nécessité d'indiquer explicitement pourquoi il est si important de « développer nos ressources scientifiques ». Ils disent simplement : « Jamais l'importance de la science n'a été aussi largement reconnue et jamais autant d'espoirs de progrès et de bien-être pour l'avenir n'ont été placés dans les scientifiques. » Le rapport contient également quelques statistiques préliminaires sur le nombre de scientifiques que compte le Royaume-Uni, ainsi qu'un appel à doubler le nombre de scientifiques sortant alors annuellement des universités². Avec la création de la National Science Foundation (NSF) aux États-Unis en 1950, la collecte et la diffusion des statistiques sur le nombre de scientifiques prennent des formes plus complexes et sophistiquées, tout comme l'incorporation de ces statistiques dans la formulation des politiques nationales et internationales³. Dans les années 1960, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) suit les traces des Américains et des Britanniques avec la publication, en 1963, de la 1^{re} édition du *Manuel de Frascati* qui établit les protocoles pour compter et catégoriser la science, les scientifiques et les ressources scientifiques⁴.

La collecte de statistiques officielles sur le nombre de scientifiques ne sert pas seulement à dresser un état de la situation pour les politiques à mettre en œuvre. Ces statistiques, et les projets politiques dans lesquels elles s'inscrivent, permettent également de reconfigurer l'idée de ce qu'est un scientifique, à quoi sert le travail des scientifiques, ainsi que la manière dont la valeur des études scientifiques peut être évaluée et reconnue. Cela se retrouve en premier lieu dans la rhétorique entourant ces statistiques et, deuxièmement, dans certaines des catégories utilisées pour les présenter.

1. Bush 1995 [1945] (notamment p. 127-134, 158 et 166-179), Steelman 1947 (notamment t. 4 : *Manpower for Research*).

2. *Scientific Man-Power* 1946 (p. 3 et 8).

3. Le projet « Science Indicators » a été lancé par la NSF en 1972 dans le cadre d'une recherche bureaucratique de mesures objectives et quantifiées du bien-être, de la productivité et de l'impact des scientifiques : cf. NSF 1973, Godin 2001, Elkana *et al.* 1978.

4. Godin 2008b.

Pour Steelman, les scientifiques sont une « ressource indispensable » pour toutes sortes de « progrès » nationaux¹. Avec le déclenchement de la guerre de Corée en 1950, la rhétorique sur la « ressource » s'affine : les scientifiques sont désormais spécifiquement présentés comme des « outils de guerre », comme un « produit de guerre », comme un « atout de guerre majeur » qui peut être « stocké » comme « tout autre type de ressource essentielle² ». La question est régulièrement abordée sous l'angle de la « pénurie », à savoir un décalage entre l'offre fournie par les universités et les besoins en scientifiques de l'industrie et du gouvernement et, dans une moindre mesure, des universités qui produisent cette ressource. De manière générale, les scientifiques sont considérés comme des « intrants » dont la relation causale avec un certain nombre de « produits » matériels doit être déterminée de manière qualitative, avant d'être éventuellement fixée quantitativement. Le langage économétrique devient omniprésent dans les références aux scientifiques dans le débat public. Ces derniers deviennent une marchandise dont il est possible de parler, et d'ajuster la quantité, comme n'importe quel autre bien : « La pénurie de scientifiques fait suite à une augmentation très importante de la demande, qui s'accompagne d'un approvisionnement inférieur à la normale³. »

Comme prévu, davantage de scientifiques sont produits, même si les inquiétudes sur les « pénuries » subsistent dans les États-Unis de la guerre froide, notamment avivées par le lancement du Spoutnik en 1957 et modérées uniquement par les besoins concurrents liés d'un côté à la guerre du Vietnam et de l'autre aux programmes de la Grande Société de la présidence de Lyndon Johnson⁴. Les premiers efforts de maîtrise des dépenses fédérales dans le domaine de la recherche et du développement ne sont pas couronnés de succès : au milieu des années 1960, on estime que les dépenses du gouvernement états-unien dans le domaine sont supérieures à la totalité du budget fédéral avant Pearl Harbor⁵. La croissance des stocks de scientifiques s'accompagne du développement de l'idée selon laquelle le scientifique peut être assimilé à quelque chose qui *peut* être stocké. Les notions de travail scientifique comme travail discipliné, organisé et permettant de résoudre des puzzles, de la science comme « art des possibles » et des problèmes scientifiques comme pouvant

1. Steelman 1947 (t. 4, p. 1).

2. Smyth 1951 (p. 64).

3. Steelman 1947 (t. 4, p. 1-6).

4. Greenberg 2001. Greenberg montre que, contrairement aux arguments des chefs de file de la communauté scientifique américaine, la rhétorique de la « pénurie » a persisté longtemps après que l'offre en scientifiques est devenue surabondante en termes économiques dans de nombreux domaines. Voir également Godin 2005 (p. 239-260).

5. Price 1965 (p. 3).

être résolu grâce à des attaques massives ne sont pas nouvelles, mais elles sont désormais tellement prégnantes qu'elles peuvent susciter des réactions négatives (comme le discours d'adieu d'Eisenhower et l'essai de Weinberg sur la *big science*). Thomas Kuhn, qui participe à des conférences sur la créativité scientifique sous l'égide du gouvernement, ne considère en aucune manière sa notion de « science normale » comme une réponse à ces inquiétudes politiques, mais ses idées trouvent bien un écho significatif dans ce contexte¹.

Les évaluations du nombre de scientifiques varient, bien sûr, en fonction des critères retenus pour déterminer qui est un scientifique, mais tous les indices révèlent une croissance énorme au cours du xx^e siècle, et en particulier après la Seconde Guerre mondiale. En 1906, James Cattell juge 4 000 hommes de science dignes de figurer dans son recueil biographique. En 1944, ce nombre a considérablement augmenté pour atteindre 34 000². Le rapport Steelman évalue à 71 000 le nombre de scientifiques en Amérique en 1937 (dont 13 900 titulaires de doctorat) et à 128 000 en 1947 (dont 23 200 titulaires de doctorat)³. En 1963, un sociologue estime que les États-Unis comptent alors environ un million de personnes dotées de diplômes scientifiques et techniques⁴. Selon le premier rapport *Science Indicators* de la NSF, « le nombre total de scientifiques et d'ingénieurs actifs aux États-Unis a augmenté d'environ 50 % de 1960 à 1971, pour atteindre le nombre de 1 750 000. Le nombre de titulaires de doctorat a doublé au cours de la même période et représente 10 % du total⁵ ». L'édition actuelle de *Science Indicators* indique que « le nombre de travailleurs (aux États-Unis) dans les métiers de la science et de l'ingénierie est passé d'environ 152 000 en 1950 à 5,4 millions en 2009 », avec un taux de croissance annuel moyen atteignant presque 6 %, cinq fois plus que le taux de croissance de la main-d'œuvre totale âgée de plus de 18 ans⁶.

Les scientifiques et l'administration ont conscience de cette croissance significative, comme le reflète sa mise en valeur par la « scientométrie », qui se développe dans les années 1960. En 1963, l'historien et sociologue Derek John de Solla Price publie un ouvrage qui a une grande

1. Voir notamment Kuhn 1963. La conférence pendant laquelle Kuhn a présenté son article s'est tenue en 1959 et comptait parmi ses participants certains officiels de l'Advanced Research Projects Agency du Pentagone, du Centre de recherche sur le personnel et la formation de l'armée de l'air (Air Force Personnel and Training Research Center), ainsi que des représentants de l'entreprise de chimie Dow Chemical. Voir aussi Cohen-Cole 2013 (chap. 2).

2. Godin 2007a (p. 701-702).

3. Steelman 1947 (t. 4, p. 11).

4. Price 1986 [1963] (p. 7).

5. NSF 1973 (p. 48).

6. National Science Board, *Science and Engineering Indicators 2012*, chap. 3, < <http://www.nsf.gov/statistics/seind12/> > .

influence car il soutient que, quelles que soient les catégories choisies (articles scientifiques, revues, découvertes ou personnel scientifique), la croissance est toujours exponentielle. Ce qui, pour de nombreux scientifiques eux-mêmes, semble constituer un phénomène jamais observé auparavant, caractéristique de la *big science*, est en fait ramené à un simple moment d'un processus suivant une loi universelle. Il est dans la nature de la science de croître ainsi, et une « science de la science » existe justement pour étudier des lois comme celle-ci. La période correspondant à un doublement de pratiquement tous les aspects de la science est d'environ dix à quinze ans, et Price soutient qu'il n'y a aucune période dans l'histoire pendant laquelle ce principe ne s'est pas vérifié. La seule différence est que le doublement porte maintenant sur des valeurs absolues plus élevées. Price propose ainsi une explication historique pour l'anhistoricité de la conscience des scientifiques : 90 % de tous les scientifiques ayant jamais vécu sont aujourd'hui vivants, et autant de travail scientifique va être produit au cours des dix ou vingt années qui viennent qu'il en a été produit dans toute l'histoire antérieure. La science efface la conscience de son passé, ou tout du moins la conscience de la pertinence du passé – mais il en a *toujours* été ainsi (Charles P. Snow écrivait en 1959 que les scientifiques étaient des personnes qui avaient le « futur vissé au corps¹ » ou, dit autrement, qui de manière unique ne s'intéressaient pas au passé). Price normalise ainsi à la fois les aspects institutionnels du changement scientifique et l'idée des scientifiques selon laquelle le changement qu'ils vivent *n'est pas* historiquement normal. Dans le même temps, il soutient que des aspects de ce mode normal de changement ne peuvent échapper à la courbe de croissance produite par cette augmentation spectaculaire. D'ailleurs, si la croissance devait se poursuivre ainsi, « nous aurions deux scientifiques pour chaque homme, femme, enfant et chien de la population... La fin du monde scientifique est ainsi distante de moins d'un siècle dans le temps² ».

Price ne s'intéresse pas beaucoup aux différentes catégories de personnel scientifique, étant persuadé que tous les indices de la science suivent des modèles de changement similaires. Cependant, les exercices bureaucratiques / statistiques de la période de l'après-guerre reconfigurent l'image du scientifique de manière fondamentale. La notion conjointe de R & D (recherche et développement) apparaît, peut-être pour la première fois, dans le rapport Steelman de 1947 – qui fait probablement lui-même

1. Snow 1993 [1959] (p. 10).

2. Price 1986 [1963] (p. 7-17, citation p. 17). Price avait introduit ces notions quelques années auparavant, lors de séminaires donnés à Yale en 1959.

référence au Bureau de recherches et de développement scientifiques (OSRD), dirigé par Vannevar Bush pendant la guerre. La manière dont est institutionnalisée la catégorie R & D n'a pas encore été clairement déterminée, même si Godin et Lane situent son émergence dans la période d'après guerre dans un contexte de préoccupations politiques à propos de l'association de la catégorie industrielle du « développement » avec la catégorie essentiellement universitaire de « recherche ». La R & D est utilisée dans le cadre des efforts du gouvernement – notamment dans le rapport *Science, the Endless Frontier* – pour justifier un soutien accru à la recherche grâce à la valorisation des résultats du développement. L'apparition du prétendu « modèle linéaire » de l'innovation, dans lequel la recherche « pure » ou « fondamentale » est identifiée comme le premier élément d'une séquence de causalités aboutissant à une amélioration des biens et services matériels, constitue la contribution des économistes au compromis d'après guerre entre la science et l'État¹.

Le « QSE » comme nouveau scientifique modèle

Qui est considéré comme un scientifique dans le cadre des statistiques collectées par les administrations ? Avant guerre, la catégorie du scientifique est distinguée de celle du technologue, tout comme il est régulièrement rappelé que la bien nommée « étude scientifique » n'a rien à voir avec les résultats matériels que l'on peut légitimement en attendre. Comparée à la technologie, la science poursuit des objectifs distincts, fait appel à des capacités cognitives spécifiques et est sujette à des modes d'évaluation différents. Mais le compromis d'après guerre poursuit la normalisation du scientifique en associant des activités et des intentions auparavant considérées comme distinctes. Avant de donner le nombre de scientifiques et leur type, toutes les entreprises statistiques doivent s'accorder sur les limites à établir entre les travaux scientifiques et les autres types d'activité. Des décisions pratiques doivent être prises pour savoir si les « scientifiques » (« travailleurs scientifiques », « personnel de recherche », etc.) sont des gens qui peuvent être identifiés de manière fiable par le type de travail qu'ils effectuent, par les institutions dans lesquelles ils travaillent, par l'éducation qu'ils peuvent avoir reçue et, dans ce cas, le type et la durée des études. Dans le même temps, des distinctions doivent être effectuées entre les différentes sortes de travail scientifique et les affiliations correspondantes. Les spécialistes des « sciences sociales » sont-ils

1. Steelman 1947 (t. 1, p. 9-13), Godin et Lane 2011, Godin 2008c, Edgerton 2004.

des scientifiques¹ ? Les enseignants en science doivent-ils être considérés comme les scientifiques faisant de la recherche ? Qu'en est-il des personnes ayant reçu une formation scientifique avancée mais qui ne travaillent pas, à proprement parler, dans un laboratoire au moment *t* ? Que dire également de cette partie de leur journée de travail que les scientifiques universitaires *ne passent pas* au laboratoire, ou encore des chercheurs de l'industrie qui passent *tout* leur temps au laboratoire ?

C'est dans ce contexte de l'après-guerre qu'apparaît un nouvel acteur à la fois dans la conscience culturelle et dans la pratique administrative. Il s'agit du « scientifique et ingénieur qualifié », rapidement connu sous son acronyme anglais de QSE pour « *Qualified Scientist and Engineer* ». Les origines précises du QSE sont incertaines, notamment parce que le terme est déjà utilisé avant la guerre, dans des contextes variés, mais pas en tant que « terme consacré », simplement comme un moyen pour faire référence aux différentes catégories de personnes dont l'expertise a été certifiée de manière institutionnelle. Si l'armée et le Bureau de l'éducation (Office of Education) des États-Unis conservent, dans les années 1940, un tableau de service des personnels scientifiques et spécialisés (*Roster of Scientific and Specialized Personnel*), et si la NSF est mandatée à sa création pour compiler un registre du personnel scientifique et technique (*Register of Scientific and Technical Personnel*), la catégorie administrative typiquement moderne du QSE semble apparaître dans le contexte des compilations statistiques d'après guerre britanniques, avant de se retrouver dans des enquêtes sur la main-d'œuvre scientifique de l'Organisation européenne de coopération économique (OECE) issue du plan Marshall, avant de devenir une norme à l'Organisation de coopération et de développements économiques (OCDE) à partir des années 1960². Le rapport du comité Barlow à la Chambre des communes en 1946 propose des chiffres sur ceux qui sont appelés les « scientifiques qualifiés », définis comme les « diplômés [quel que soit le niveau] en mathématiques, physique, chimie et biologie », manipulant cette définition en y ajoutant « un petit nombre d'hommes et de femmes qui, sans être diplômés de l'Université, sont membres d'institutions scientifiques reconnues à des niveaux considérés comme équivalents à un diplôme universitaire sur ces sujets ». Tout en soulignant ensuite « la relation étroite entre la science pure et les différentes branches de l'ingénierie », le rapport Barlow ne propose « aucune

1. Solovey 2012.

2. National Resources Planning Board 1943, NSF 1951 (p. 29), Kelley 1953 (p. 3), Godin 2005 (p. 187 et 249-251), Organisation for European Economic Co-operation 1955, Cockcroft 1965 (p. 30-32, 39 et 51).

estimation » du nombre d'ingénieurs et de technologues¹. Deux ans plus tard, le premier rapport annuel du Conseil consultatif sur la politique scientifique (*First Annual Report of the Advisory Council on Scientific Policy*) appelle la Grande-Bretagne à adopter des politiques garantissant un « approvisionnement adéquat » dans une catégorie unifiée de « scientifiques et technologues qualifiés² ». C'est probablement vers le milieu et la fin des années 1950 que l'administration britannique s'accorde sur l'usage de la catégorie QSE (comme une entité dont le nombre est suivi attentivement par l'administration), répartissant de manière séparée les scientifiques et les ingénieurs, tout en proposant une définition formelle de l'appellation « scientifiques et ingénieurs qualifiés » pour inclure les « diplômés d'université et les titulaires d'un diplôme de technologie [délivré par le Conseil national des diplômes technologiques] », ainsi que les enseignants des « collèges » techniques et les membres d'entreprises appartenant à des institutions professionnelles telles que l'Institut des ingénieurs en mécanique et l'Institut royal de chimie³.

Tout au long des années 1960 et par la suite, les recueils statistiques continuent à faire la différence entre les sous-espèces scientifiques et technologiques – indiquant par exemple le nombre de chimistes, de biologistes, d'ingénieurs en chimie et d'ingénieurs en électricité. Pourtant, c'est le rassemblement des catégories représentées par le scientifique et l'ingénieur (ou technologue) qui est historiquement remarquable, au moment où les relations causales sont explicitement mises en lumière entre les catégories de science pure, science appliquée et technologie. Ainsi, la normalisation de la figure du scientifique est importante à la fois politiquement et culturellement. D'un point de vue culturel, le regroupement de la catégorie du scientifique avec celle de l'ingénieur constitue une re-spécification de l'*objet* de l'étude scientifique et, d'un point de vue politique, il s'agit d'une justification publique des études apparemment *sans objet*. Après avoir été célébrée, l'absence d'objet est désormais dissoute politiquement dans une culture de résultats pouvant finalement être évalués

1. *Scientific Man-Power* 1946 (p. 3 et 10). Il faut noter que les diplômes de premier degré des universités britanniques, plus spécialisés, correspondent à davantage de compétences et de connaissances pertinentes sur des sujets précis que le diplôme de licence (bachelor's degree), portant généralement sur une base disciplinaire plus large, des universités états-unienues.

2. Advisory Council on Scientific Policy 1948 (p. 12-14).

3. Advisory Council on Scientific Policy 1959 (p. 1-4 et 30). Au milieu des années 1950, l'usage en vigueur à l'OECE était évidemment moins formel, la catégorie dans laquelle il fallait répondre à la pénurie étant désignée sous le nom de « scientifiques et ingénieurs hautement qualifiés ». Cf. OEEC 1958. Ce rapport soulignait les différences existant entre les pays à propos de qui était considéré comme un scientifique ou comme un ingénieur, mais il affinait le problème, tout en soulignant l'importance de la sensibilisation de l'opinion quant à la valeur unique de telles personnes pour la croissance économique et la sécurité nationale (par exemple p. 9 et 23).

avec des outils économétriques. En termes de soutien public au travail du scientifique, l'idée de recherche sans objet *n'est pas envisageable* et les scientifiques se retrouvent, *via* cette normalisation, dans le même cadre que d'autres acteurs importants d'un point de vue économique.

Une hybridité vigoureuse : le scientifique à la fin du xx^e siècle et au-delà

Maintenant que nous avons une idée de comment, pourquoi et à quelles fins les scientifiques sont comptés, nous pouvons revenir sur les aspects qualitatifs de leur identité. Ici encore s'avère pertinente la notion de normalisation, à savoir l'association de l'identité des scientifiques à celle d'autres rôles reconnus de manière courante dans la vie civile. Les scientifiques ont été impliqués dans des affaires commerciales depuis longtemps, mais ce qui est nouveau à la fin du xx^e siècle et au début du xxi^e est l'idée selon laquelle l'objectif et la motivation *réelle* du travail des scientifiques sont, et doivent être, un résultat commercial – une idée qui se répand non seulement dans l'opinion publique et chez les bailleurs de fonds, mais aussi parmi les scientifiques eux-mêmes. La figure de l'ingénieur entrepreneur remonte au moins à la révolution industrielle; celle du scientifique employé de l'industrie de haute technologie au moins aux grandes entreprises allemandes de la chimie de la seconde partie du xix^e siècle. Mais le *scientifique entrepreneur* devint une figure reconnue dans la culture courante seulement avec l'émergence des start-up de l'électronique dans la période de l'après-Seconde Guerre mondiale, et des sociétés de biotechnologie à partir des années 1970, à commencer par des entreprises financées par du capital-risque comme Genentech en 1976 et Biogen en 1978. La construction et l'acceptation de cette figure sont ensuite renforcées par la montée en puissance des bureaux de transferts de technologies des universités américaines qui gèrent et encouragent la propriété intellectuelle (PI) commercialisable et, dans une certaine mesure, l'essaimage de sociétés start-up brevetant de la PI professorale et faisant appel à l'implication de professeurs¹. Alors que l'acceptation du rôle hybride de scientifique et homme d'affaires se limitait autrefois aux cercles industriels, à partir des années 1970 et 1980 cette hybridité est largement reconnue dans la norme et activement encouragée par les gouvernements, en tant que financeurs ultimes de la recherche.

Le séquençage du génome humain en 2000 a été célébré comme

1. Hughes 2011 ; voir aussi Shapin 2008b (chap. 6-8).

l'aboutissement de l'organisation scientifique, comme l'exemple paradigmatique des champs de force institutionnels dans lesquels se retrouvent les scientifiques. Le projet Génome humain est une entreprise hybride tout du long – présentée comme une « course » entre entreprises « publiques » (gouvernementales) et « privées » (commerciales et quasi commerciales), comme une réalisation de science pure, et comme une entreprise dont les objectifs ultimes sont la production de médicaments rentables et l'émergence d'une nouvelle espèce d'entreprises de biotechnologie pour un marché mondial. Les connaissances acquises grâce au projet Génome appartiennent à la science biologique, mais les moyens utilisés pour les produire dépendent complètement des nouveaux instruments technologiques de séquençage du génome et de nouvelles formes d'organisation du travail scientifique et technique. L'initiative « privée » est elle-même hybride d'un point de vue institutionnel, avec un emboîtement complexe d'entreprises commerciales et d'entités à but non lucratif qui brevettent les séquences de gènes découvertes pour leurs homologues commerciaux. Le chef de file de l'initiative publique américaine est un fervent chrétien (Francis Collins) et les instituts fédéraux nationaux en charge de la santé (National Institutes of Health, NIH, évidemment à but non lucratif) assurent la sécurisation des brevets sur les séquences de gènes; ce qui irrite la personne à la tête de l'entreprise privée, le biologiste (athée) John Craig Venter, qui décide de quitter les NIH et de se mettre à son compte¹. Venter devient alors la figure emblématique de la science commerciale et le premier milliardaire des biotechnologies. (En 2004, le magazine *Business Week* consacre Venter comme l'un des « grands innovateurs » d'Amérique, le faisant poser pour l'occasion avec une blouse blanche de laboratoire sur la partie droite du corps et un complet-veston d'homme d'affaires sur le côté gauche, dans une chimère idéale, et typiquement contemporaine, du commerce et de la connaissance scientifique².) Cependant, des tensions sont réelles entre les objectifs de Venter et les intérêts commerciaux liés à l'initiative privée, et ce dernier finit par être licencié. Venter devient ensuite une figure de proue du domaine émergent de la biologie synthétique, prenant la tête d'un autre assemblage d'entités commerciales et à but non lucratif, dans une entreprise scientifique organisée pour produire des résultats qui sont imaginés à la fois en termes commerciaux et avec des visées altruistes.

Au milieu du xx^e siècle, et sans doute longtemps après sa mort en 1955,

1. Pour l'histoire scientifique et institutionnelle du projet Génome, voir Shreeve 2004, Sulston et Ferry 2002.

2. Pour cette image voir Shapin 2008b (p. 224), ainsi que < [http://sciencecomm.wikispaces.com/UNIT + 2_J.+ Craig + Venter](http://sciencecomm.wikispaces.com/UNIT+2_J.+Craig+Venter) > .

Albert Einstein constitue la figure emblématique du scientifique et son visage rétroéclairé représente pour un grand nombre ce que cela veut dire d'être un scientifique, à savoir un personnage distrait, échevelé, ascétique, plein de bonté et las de ce monde – un homme dont les recherches théoriques ont un lien avec l'invention d'une bombe atomique mais qui, à la nouvelle de son utilisation sur Hiroshima, ne peut que prononcer les mots de yiddish « *Oy vey*¹ ». Aucune figure n'a supplanté Einstein comme incarnation de la science moderne, mais il est certain que nous pouvons voir un candidat en la personne de Craig Venter, un homme qui, comme dit le proverbe, dîne avec le diable mais soutient qu'il a une cuillère suffisamment longue pour résister aux tentations, un homme qui bombe le torse en brandissant son autobiographie dans laquelle il se présente à la fois comme un génie ambitieux de la technologie et de l'organisation et comme un gardien ultratraditionnel du temple de l'individualisme et de l'indépendance qu'il considère comme essentiels pour l'idée même de science². Mais il existe un autre prétendant au statut d'icône scientifique contemporaine, en la personne d'un spécialiste de physique théorique qui a pris sa retraite après avoir occupé la même chaire de mathématiques qu'Isaac Newton à Cambridge³. Désincarné au sens figuré, et pratiquement non incarné au sens physique, semblant venu d'un autre monde, presque céleste, Stephen Hawking représente la continuation d'une *persona* scientifique restée pratiquement inchangée depuis celle du prêtre de la nature, ascétique et pensif, qui existait au xvii^e siècle. La figure du scientifique moderne est donc un *work in progress* dont le statut actuel témoigne de la manière incohérente avec laquelle nous considérons ceux qui révèlent les réalités de la nature et à qui nous accordons un pouvoir potentiel très grand. Si Venter représente l'avant-garde du changement institutionnel et culturel de la figure du scientifique, cette avant-garde elle-même ne représente qu'une partie de la réalité contemporaine. La figure de Venter est présentée comme une incarnation de l'hybridité entre scientifique et technologie, entre travail intellectuel pur et objectifs commerciaux et civiques. On pourrait dire que le nouveau scientifique modèle est comme tout le monde, voire un peu plus. Mais la figure d'Hawking est là pour rappeler les limites actuelles de cet effondrement et de cette hybridité.

Traduit par Cyril Le Roy

1. « Ô malheur ! » Cité par Nathan et Norden 1960 (p. 308).

2. Venter 2007.

3. Mialet 2012.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADVISORY COUNCIL ON SCIENTIFIC POLICY 1948, *First Annual Report of the Advisory Council on Scientific Policy (1947-1948)*, Cmnd. 7465, Londres, His Majesty's Stationery Office.
- 1959, *Scientific and Engineering Manpower in Great Britain*, Cmnd. 902, Londres, His Majesty's Stationery Office.
- BOUCHARD Julie, 2006, « A Prehistory of Statistics on Science and Technology in France: From Inventories to Statistics », < <http://juliebouchard.online.fr/articles-pdf/2006c-bouchard-statistics.pdf> > (consulté le 6 janvier 2015).
- BUCK Peter, 1985, « Adjusting to Military Life: The Social Sciences Go to War (1941-1950) », in Merritt ROE SMITH (dir.), *Military Enterprise and Technological Change: Perspectives on the American Experience*, Cambridge (MA), MIT Press, p. 205-252.
- BUSH Vannevar, 1995 [1945], *Science, the Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*, Washington (DC), National Science Foundation.
- CHARGAFF Erwin, 1978, *Heraclitean Fire: Sketches from a Life before Nature*, New York, Rockefeller University Press.
- COCKCROFT Sir John (dir.), 1965, *The Organization of Research Establishments*, Cambridge, Cambridge University Press.
- COHEN-COLE Jamie, 2013, *The Open Mind: Cold War Politics and the Sciences of Human Nature*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- DASTON Lorraine, 1998, « Fear and Loathing of the Imagination in Science », *Daedalus*, vol. 127, hiver, p. 73-95.
- DASTON Lorraine et GALISON Peter, 1992, « The Image of Objectivity », *Representations*, vol. 40, automne, p. 81-128.
- DASTON Lorraine et SIBUM H. Otto, 2003, « Introduction: Scientific Personae and Their Histories », *Science in Context*, vol. 16, p. 1-8.
- EDGERTON David, 2004, « The “Linear Model” Did Not Exist: Reflections on the History and Historiography of Science and Research in Industry in the Twentieth Century », in Karl GRANDIN, Nina WORMBS et Sven WIDMALM, *The Science-Industry Nexus: History, Policy, Implications*, Canton (MA), Science History Publications, p. 31-57.
- EISENHOWER Dwight D., 1972 [1961], « Farewell Address [17 January 1961] », in Carroll W. PURSELL (dir.), *The Military-Industrial Complex*, New York, Harper & Row, p. 204-208.
- ELKANA Yehuda, LEDERBERG Joshua, MERTON Robert K., THACKRAY Arnold et ZUCKERMAN Harriet (dir.), 1978, *Toward a Metric of Science: The Advent of Science Indicators*, New York, John Wiley.
- FOUCAULT Michel, 1980, « Truth and Power », in Colin GORDON (dir.), *Power / Knowledge: Selected Interviews and Other Writings (1972-1977)*, New York, Pantheon, p. 109-133.
- GODIN Benoît, 2002, « The Numbers Makers: Fifty Years of Science and Technology Official Statistics », *Minerva*, vol. 40, p. 375-397.
- 2005, *Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present*, Londres, Routledge.
- 2007a, « From Eugenics to Scientometrics: Galton, Cattell, and Men of Science », *Social Studies of Science*, vol. 37, p. 691-728.

- 2007b, «What Is Science? Defining Science by the Numbers (1920-2000)», Working Paper no. 35, Project on the History and Sociology of S & T Statistics, < http://www.csiic.ca/PDF/Godin_35.pdf > .
 - 2008a, «The Emergence of Science and Technology Indicators: Why Did Governments Supplant Statistics with Indicators?», Working Paper no. 8, Project on the History and Sociology of S & T Statistics, < http://www.csiic.ca/PDF/Godin_8.pdf > .
 - 2008b, «The Making of Statistical Standards: The OECD and the *Frascati Manual* (1962-2002)», Working Paper no. 39, Project on the History and Sociology of STI Statistics, < http://www.csiic.ca/PDF/Godin_39.pdf > .
 - 2008c, «In the Shadow of Schumpeter: W. Rupert Maclaurin and the Study of Technological Innovation», Working Paper no. 2, Project on the Intellectual History of Innovation, < <http://www.csiic.ca/PDF/IntellectualNo2.pdf> > .
 - 2009, «The Culture of Numbers: The Origins and Development of Statistics on Science», Working Paper no. 40, Project on the History and Sociology of STI Statistics, < http://www.csiic.ca/PDF/Godin_40.pdf > .
- GODIN Benoît et LANE Joseph, 2011, «Forschung oder Entwicklung? Eine kurze Darstellung zweier Kategorien der Wissenschaftsforschung», *Gegenworte*, n° 26, automne, p. 44-48.
- GREENBERG Daniel S., 2001, *Science, Money, and Politics: Political Triumph and Ethical Erosion*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- HAYNES Roslynn D., 1994, *From Faust to Strangelove: Representations of the Scientist in Western Literature*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- HERZIG Rebecca, 2005, *Suffering for Science: Reason and Sacrifice in Modern America*, New Brunswick (NJ), Rutgers University Press.
- HUGHES Sally Smith, 2011, *Genentech: The Beginnings of Biotech*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- KAISER David, 2002, «Scientific Manpower, Cold War Requisitions, and the Production of American Physicists after World War II», *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, n° 33, p. 131-159.
- 2004, «The Postwar Suburbanization of American Physics», *American Quarterly*, n° 56, p. 851-888.
 - 2006, «The Physics of Spin: Sputnik Politics and American Physicists in the 1950s», *Social Research*, n° 73, p. 1225-1252.
 - 2015 [à paraître en], *American Physics and the Cold War Bubble*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- KELLEY Harry C., 1953, «National Register of Scientific and Technical Personnel», *Science*, vol. 118, n° 3063, 11 septembre, p. 3.
- KEVLES Daniel J., 1977, *The Physicists: The History of a Scientific Community in Modern America*, New York, Alfred A. Knopf.
- KOHLER Robert E., 1994, *Lords of the Fly: Drosophila Genetics and the Experimental Life*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- KUHN Thomas S., 1963, «The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research», in Calvin W. TAYLOR et Frank BARRON, *Scientific Creativity: Its Recognition and Development. Selected Papers from the Proceedings of the First, Second, and Third University of Utah Conferences: «The Identification of Creative Scientific Talent»*, Huntington (NY), Robert E. Krieger, p. 341-354.
- LAFOLLETTE Marcel C., 1990, *Making Science Our Own: Public Images of Science (1910-1955)*, Chicago (IL), University of Chicago Press.

- LEMOV Rebecca, 2010, « "Hypothetical Machines": The Science Fiction Dreams of a Cold War Social Science », *Isis*, n° 101, p. 401-411.
- MIALET Hélène, 2012, *Hawking Incorporated: Stephen Hawking and the Anthropology of the Knowing Subject*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- NATHAN Otto et NORDEN Heinz (dir.), 1960, *Einstein on Peace*, New York, Simon & Schuster.
- NATIONAL RESOURCES PLANNING BOARD, 1943, *Report of the National Roster of Scientific and Specialized Personnel (June 1942)*, Washington (DC), Government Printing Office.
- NSF, 1951, *First Annual Report of the National Science Foundation (1950-1951)*, Washington (DC), Government Printing Office.
- 1973, *Science Indicators 1972 : Report of the National Science Board*, National Science Foundation, Washington (DC), Government Printing Office.
- OPPENHEIMER J. Robert, 1955 [1947], « Physics in the Contemporary World », in J. Robert OPPENHEIMER, *The Open Mind*, New York, Simon & Schuster, p. 81-102.
- OEEC (ORGANISATION FOR EUROPEAN ECONOMIC CO-OPERATION), 1955, *Manpower Committee, Shortages and Surpluses of Highly Qualified Scientists and Engineers in Western Europe: A Report*, Paris, OEEC.
- 1958, *The Problem of Scientific and Technical Manpower in Western Europe, Canada, and the United States*, Paris, OEEC.
- PRICE Derek John de Solla 1986 [1963], *Little Science, Big Science... and Beyond*, New York, Columbia University Press.
- PRICE Don K., 1965, *The Scientific Estate*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- Scientific Man-Power, 1946 : *Scientific Man-Power, Report of a Committee Appointed by the Lord President of the Council*, Cmd. 6824, Londres, His Majesty's Stationery Office.
- SHAPIN Steven, 2003, « The Image of the Man of Science », in Roy PORTER (dir.), *Eighteenth-Century Science*, t. 4 de *The Cambridge History of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 159-183.
- 2006, « The Man of Science », in Lorraine DASTON et Katharine PARK (dir.), *Early Modern Science*, t. 3 de *The Cambridge History of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 179-191.
 - 2008a, « The Scientist in 2008 », *Seed Magazine*, n° 19, décembre, p. 58-62.
 - 2008b, *The Scientific Life: A Moral History of a Late Modern Vocation*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- SHREEVE James, 2004, *The Genome War: How Craig Venter Tried to Capture the Code of Life and Save the World*, New York, Alfred A. Knopf.
- SMYTH Henry D., 1951, « The Stockpiling and Rationing of Scientific Manpower », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 7, n° 2, février, p. 38-42 et 64.
- SNOW Charles P., 1993 [1959], *The Two Cultures and the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press.
- SOLOVEY Mark, 2012, « Senator Fred Harris's Effort to Create a National Social Science Foundation: Challenge to the US National Science Establishment », *Isis*, vol. 103, p. 54-82.
- 2013, *Shaky Foundations: The Politics-Patronage-Social Science Nexus in Cold War America*, New Brunswick (NJ), Rutgers University Press.
- STEELMAN John R., 1947, *Science and Public Policy: A Report to the President*, The President's Scientific Research Board, Washington (DC), Government Printing Office, 5 vol.

- STEVENS Hallam, 2013, *Life Out of Sequence: A Data-Driven History of Bioinformatics*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- SULSTON John et FERRY Georgina, 2002, *The Common Thread: A Story of Science, Politics, Ethics and the Human Genome*, New York, Bantam.
- VENTER J. Craig, 2007, *A Life Decoded: My Genome, My Life*, New York, Viking.
- WEINBERG Alvin M., 1961, « Impact of Large-Scale Science on the United States », *Science*, vol. 134, n° 3473, 21 juillet, p. 161-164.
- WHYTE William H., 1956, *The Organization Man*, New York, Simon & Schuster.



2 Sciences et guerres

ANNE RASMUSSEN

Que les sciences jouent un rôle central dans le déroulement des guerres au cours du ^{xx}^e siècle, les contemporains en ont été convaincus dès la Grande Guerre: « La guerre, à mesure qu'elle se prolonge, prend de plus en plus le caractère d'une lutte de science et de machine », constate en novembre 1915 le mathématicien Paul Painlevé, bientôt ministre de la Guerre. Dans le camp adverse, l'écrivain combattant Ernst Jünger se fait le contempteur du nouveau visage de la guerre moderne – la *Materialschlacht* (lutte de matériel) – qui, lors de la bataille de la Somme, traduit la domination de la machine sur l'homme et exprime « l'âme de la guerre scientifique ». La perception que les sciences, et les techniques embarquées dans les « machines », sont partie prenante de la conduite des guerres et, plus encore, sont devenues décisives dans leur issue, n'a fait que croître au long du siècle. Les étapes de ce processus ont été franchies *crescendo* du projet Manhattan à la surenchère technologique de la course aux armements constitutive de la guerre froide. Dans la logique de la dissuasion où la sécurité du pays dépend de la puissance de son arsenal, les techniques de pointe logées dans les têtes nucléaires, les missiles balistiques et les satellites sont la condition de possibilité même du conflit. Un lien indissoluble associe, dans la seconde moitié du ^{xx}^e siècle, les armes et le pouvoir, les prouesses de la science et le prestige national.

Les historiens se sont employés à rendre compte de ces interactions entre sciences et guerre. Dans quelle mesure l'activité scientifique et les productions techniques ont-elles influencé le cours des conflits ? Telle est la question centrale qu'ont longtemps posée les histoires de la guerre dans une pesée stratégique des effets des sciences sur l'issue des combats. Une telle grille de lecture procède de l'affirmation d'un pacte noué entre les sciences et la guerre, devenue un cliché emblématique d'une forme de représentation de la modernité saisie dans la longue durée. Ce pacte aurait été souscrit à la Renaissance en conséquence du projet

◀ Maurice Busset, *Bombardement de Ludwigshafen*, 1918.

assigné aux sciences modernes de transformer la nature et de conférer aux hommes la puissance fondée sur la connaissance. Les pouvoirs enrôlent les sciences à des fins militaires pour rendre plus performante leur action sur le territoire et sur les hommes, comme l'attestent quatre siècles de développement des « armes savantes » puis des « sciences de l'ingénieur ». Ce projet dont l'histoire est longue est cependant loin d'être invariant et a même semblé changer de nature dans la période contemporaine, sous le double effet des mutations de l'entreprise scientifique et de la totalisation des conflits. Au cours du xx^e siècle, les sciences sont devenues « un élément central des dispositifs d'innovation, un outil essentiel du dispositif productif de masse, et un moyen de la rationalisation bureaucratique¹ » : trois fonctions qui les ont rendues nécessaires à la préparation de la guerre de l'âge industriel dont la spécificité a été de conjuguer elle aussi ces trois fonctions – innovation, production, rationalisation. Les guerres du xx^e siècle et les violences extrêmes dont elles ont été porteuses ont été analysées par des penseurs de l'après-Holocauste comme le produit d'une rationalité technique et instrumentale au service d'un projet d'ingénierie sociale². Dans cette perspective, la brutalisation induite par la guerre n'apparaît pas en contradiction avec le processus de civilisation que l'idéologie progressiste, nourrie de la référence à la science, a mise en œuvre – elle ne traduit pas une régression à un stade de barbarie – mais, au contraire, ce sont les valeurs et les pratiques de la modernité administrative et productive, et ses institutions scientifiques, technologiques et bureaucratiques, qui en fondent les conditions de possibilité. Dans cette dynamique, les sciences ont occupé une place centrale.

Les études sociales des sciences ont mis en valeur, comme l'ont souligné John Krige et Dominique Pestre, que les sciences fondaient, au-delà de la production des savoirs, des « systèmes d'action » qui pèsent sur la nature et la société, des « systèmes de valeur » qui inspirent des normes et des idéaux, des « systèmes de représentations sur lesquels reposent discours et postures d'autorité³ ». À ce titre, envisager les relations mutuelles entre sciences et guerres, c'est certes envisager la manière dont les sciences ont contribué à définir les moyens et les enjeux des conflits au xx^e siècle et se sont trouvées en retour façonnées par eux, mais c'est aussi prendre en compte les multiples formes d'investissement de la « science » dans la guerre : mettre au point des gaz de combat dans des laboratoires ou

1. Pestre 2003 (p. 40).

2. Bauman 2002, Traverso 2009.

3. Krige et Pestre (dir.) 1997 (p. xxii).

participer au projet Manhattan, expérimenter en contexte opérationnel, travailler en tant qu'universitaire dans des agences militaires, réformer les institutions de recherche pour l'après-guerre, lutter pour le leadership national dans le monde savant, signer ou refuser de signer des manifestes, autant de manières de faire la guerre en tant que scientifique, en convoquant les savoirs et les dispositifs d'action, les ressources symboliques et l'éthos de ceux qui font profession de science.

Deux lectures temporelles

L'histoire contemporaine des relations entre sciences et guerre est généralement lue à travers deux prismes temporels. L'un inscrit cette histoire dans un long ^{xx}e siècle prenant racine dans le dernier tiers du ^{xix}e avec les premiers conflits d'après la révolution industrielle, inaugurés avec la guerre civile américaine, puis la guerre des Boers, la guerre russo-japonaise et les deux guerres balkaniques, qui font la preuve de la puissance nouvelle du feu – artillerie lourde et mitrailleuses. L'autre prisme temporel met l'accent sur les conséquences de la Seconde Guerre mondiale et sur la guerre froide, deux conflits vus comme les catalyseurs d'une mutation radicale des pratiques scientifiques et d'un développement accéléré des sciences et des techniques dans les sociétés occidentales¹.

La première lecture, à l'échelle d'un siècle et demi, insiste sur le legs de la construction des États – où la « science » a été convoquée pour former à la raison des citoyens éclairés – et de la nationalisation des sociétés européennes². Les sciences participent d'une entreprise nationale, au sens où la nation fournit le cadre privilégié de leur développement, de leur financement et des carrières, tandis qu'en retour les sciences contribuent à l'affirmation de la puissance économique et de la grandeur. Elles sont ainsi devenues un puissant levier de la compétition nationale renforcé par l'investissement des États dans les universités, les écoles techniques et les laboratoires publics. En contrepartie de ce soutien, les scientifiques occupent des fonctions technocratiques et mobilisent les savoirs au profit de la cause nationale³. Comme l'exprime au début du siècle le physicien et physiologiste allemand Hermann von Helmholtz, les savants doivent former « comme une armée organisée », qui travaille « pour le bien de la

1. Dahan et Pestre (dir.) 2004.

2. Edgerton 2005.

3. Harrison et Johnson (dir.) 2009.

nation tout entière [...] sur son ordre et à ses frais¹ ». Il prévoyait, avec justesse, que la science aurait pour principale caractéristique au xx^e siècle d'être au service de la nation en guerre.

Cette lecture met l'accent sur le moment 14-18 comme avènement d'une nouvelle façon de conduire la guerre où les sciences et leurs « applications » tiennent un rôle de premier plan. Ce moment est considéré comme la matrice de la totalisation des conflits qui advient au xx^e siècle, désignant l'intégration dans le processus guerrier de tous les secteurs de l'activité et du système productif. Les logiques de totalisation, engagées dès 1914-1915², rendent poreuse la frontière entre civil et militaire et, à ce titre, sont un enjeu pour les usages des sciences. Elles signifient d'abord engagement des sociétés globales. Sur le front des sciences, la mobilisation du savant dans son laboratoire au service du champ de bataille en est symptomatique. Avec la fin des espoirs d'une guerre courte, nombre de professionnels des sciences réclament une mobilisation spécifique et leur intégration dans des institutions de défense, convaincus comme l'écrivain H.G. Wells « que la victoire ne pourra revenir qu'à l'emploi le plus intensif des meilleures compétences scientifiques³ ». Les formes de collaboration entre militaires et scientifiques en furent durablement modelées.

La totalisation élargit ensuite la sphère des victimes de la guerre, par la capacité de nuisance croissante des systèmes d'armes et leur extension à de nouvelles cibles qui sont désormais les populations dans leur ensemble. En permettant de tuer à distance, la Grande Guerre inaugure, *via* les premiers bombardements aériens, les dégâts que les conflits du xx^e siècle causeront aux civils. D'autres modalités suivront, tels les bombardements dits stratégiques de la Seconde Guerre mondiale – le terme désigne l'objectif d'atteindre les industries de guerre autant que le moral des populations –, l'usage des armes chimiques dans la guerre du Vietnam et le conflit Iran-Irak, ou, point d'orgue de la violence indistincte pratiquée à l'encontre des sociétés dans leur entier, la bombe atomique à Hiroshima et Nagasaki en août 1945. Les civils ont ainsi compté plus de la moitié des victimes du second conflit mondial⁴.

La mise en ordre de bataille idéologique est un troisième aspect de la totalisation née de la guerre moderne. Celle-ci n'est pas réductible à ses enjeux militaires, ni même économiques, mais elle est aussi une confrontation de systèmes de savoir et de valeurs. Les belligérants de 1914 affirment

1. Cité par Crawford 1992 (p. 35).

2. Horne (dir.) 2010.

3. H.G. Wells, courrier des lecteurs, *The Times*, 11 juin 1915.

4. Lindqvist 2012, Traverso 2009.

mener la guerre au nom du droit – chaque partie renvoyant l'ennemi au non-droit et à l'illégitimité –, ce qui implique une construction idéologique et des discours mobilisés à l'appui du travail permanent de légitimation de l'effort de guerre consenti par les sociétés. Dans cette lutte du vrai contre le faux, l'autorité que confère la « science » autant que la référence à des savoirs validés ont fourni une efficace machine intellectuelle de justification du conflit favorisant son extension à l'ensemble du champ culturel. Le *Times* peut en janvier 1915 parler d'une *professor-made war*.

Une autre lecture chronologique des interactions entre sciences et guerre met en exergue une séquence temporelle plus courte, qui débute avec les ruptures induites par la Seconde Guerre mondiale. Elle fait l'hypothèse que, dans les années 1940 et 1950, toute l'« entreprise Science » a été mobilisée, bien au-delà des seules « sciences pour la guerre » à l'œuvre dans la première moitié du siècle¹. La culture de guerre, façonnée par l'urgence et la mobilisation permanente, y travaille en profondeur les modes de pensée et d'action. L'anticipation et le contrôle, fondés sur de nouvelles pratiques formelles et calculatoires, passent au premier plan; les institutions militaires, universitaires et industrielles s'entrecroisent, de même que les sciences fondamentales et l'*engineering*. Ainsi les objets, les pratiques, les cultures scientifiques sont bouleversés par le conflit et, en retour, la place éminente qu'ils y acquièrent leur permet de peser sur le monde d'après guerre.

Cette lecture met l'accent sur la permanence que revêt dans la seconde moitié du xx^e siècle la préparation de la guerre, ou *national preparedness*, selon la formule que l'astronome américain George Ellery Hale défend durant le premier conflit auprès du président Wilson aux fins de créer le National Research Council (NRC) pour répondre par la recherche fondamentale à la concurrence allemande. L'idée de *preparedness* prend une tout autre ampleur une génération plus tard quand, en juin 1940, le principal architecte de la politique scientifique de guerre aux États-Unis, Vannevar Bush, convainc le président Roosevelt d'abonder le National Defence Research Committee pour relever les défis scientifiques du conflit à venir. Un an plus tard, il dirige une nouvelle agence, l'Office of Scientific Research and Development, dont la dotation témoigne de l'importance clé désormais assignée au financement de la recherche sous la forme de contrats à des fins militaires². Après 1945, contrairement au *topos* du retour à la normale du premier après-guerre, l'affrontement entre monde

1. Dahan et Pestre (dir.) 2004.

2. Leslie 1993 (p. 6).

communiste et monde occidental entretient un état chronique de guerre technoscientifique et économique. C'est ce que désigne la formule *warfare state*¹, postulant l'étroite interdépendance entre puissance militaire et puissance technologique. Cette nouvelle donne domine les années 1950 alors que le projet Manhattan a imposé l'idée d'un superpouvoir des sciences et des techniques, déterminant dans l'issue des conflits : à toute guerre future sa solution technologique, grâce aux ressources que les sociétés sont désormais prêtes à consentir en vertu d'une véritable mystique de la science. Cette représentation est durable et fonde autant la vision communiste du monde des années 1950 que celle des conservateurs américains à l'œuvre dans leur initiative de défense stratégique des années 1980, ou « guerre des étoiles » vue par les médias. Le lien essentiel entre monde militaire et sphère technoscientifique se traduit par les budgets considérables que les grandes puissances consacrent à la recherche et au développement en matière d'armement, sous patronage étatique, s'articulant à une mobilisation massive de l'appareil productif. Aux États-Unis, durant la guerre froide, le département de la Défense est ainsi devenu le plus grand entrepreneur national de science, en physique et en sciences de l'ingénieur, mais aussi en sciences de la vie et en sciences sociales². Dès les années 1950, à la suite de la guerre de Corée, les budgets américains consacrés à la recherche militaire dans les laboratoires universitaires et industriels ont retrouvé leur niveau du second conflit mondial. Ils l'excèdent ensuite très largement pour atteindre un pic au milieu des années 1960, celles qui suivent le lancement en 1957 du premier satellite soviétique Spoutnik, et ce pic sera encore nettement dépassé dans les années 1980.

La *preparedness* a vu son domaine s'étendre constamment depuis la fin de la guerre froide, complexifiant les relations entre science et guerre. Elle met en œuvre des dispositifs de prévention et, au-delà encore, des « techniques de préparation » qui puisent dans les modèles scientifiques et dans des scénarios simulant le réel, alimentant des plans de réponse gouvernementaux. Au début du xxi^e siècle, cette démarche, qui se donne pour légitimité la protection de la sécurité nationale, non seulement recouvre la préparation des guerres au sens classique, mais elle unifie un ensemble de menaces – terroristes, sanitaires, environnementales – dans des méthodes intégrées d'intervention³.

1. Edgerton 2005.

2. Leslie 1993.

3. Zylberman 2013.

Innover pour gagner la guerre ?

Les sciences constitueraient le carburant indispensable à la conduite des conflits de l'âge industriel. Cette affirmation d'évidence suppose que les sciences sont au cœur du développement technique et économique des États-nations, et met en valeur les liens que les recherches fondamentales entretiennent avec les savoirs qui les fondent et les applications qui les prolongent. Elle place au centre du dispositif les artefacts emblématiques des conflits du ^{xx}e siècle, des gaz de combat de 1915 à la bombe atomique de 1945, des missiles embarqués de la guerre froide au système antimissile Patriot de la guerre du Golfe ou aux drones des conflits actuels. L'importance conférée à l'innovation correspond à la vision des pouvoirs qui, depuis la fin du ^{xviii}e siècle, ont suscité des programmes de recherche appliquée à des fins militaires, portés par la capacité nouvelle de décision politique des États modernes. Ceux-ci sont à l'origine d'une demande permanente d'exploration de voies techniques originales en lien avec les desseins stratégiques de leurs armées.

À la thèse du pacte indéfectible entre innovation technique, science et guerre moderne, bien des correctifs ont cependant été apportés. En soulignant notamment que la barbarie du ^{xx}e siècle n'a pas toujours eu besoin du raffinement de moyens technologiques pour se déployer. Certes, l'alliance mortifère de la science et de la guerre est portée à un point extrême par le système concentrationnaire nazi administrant la mort de masse au camp d'Auschwitz-Birkenau, devenu symbole de la scientification de l'entreprise de destruction humaine : elle associe une innovation technologique – un gaz spécialement conçu pour tuer, le cyanure d'hydrogène –, un système d'organisation industrielle de l'extermination et la rationalisation bureaucratique de son application. Toutefois, la puissance destructrice mise au service de la guerre raciale n'a pas eu besoin de la sophistication de la science pour s'exercer parmi les populations civiles des territoires occupés en Pologne et en Russie, de 1941 à 1944, quand des unités mobiles, les *Einsatzgruppen*, dans le sillage de la Wehrmacht, mirent à mort plus de 1,3 million de juifs par le vecteur des armes légères et de la technique fruste du monoxyde de carbone des gaz d'échappement de moteurs de camion. Dans cette perspective, l'historien David Edgerton a souligné qu'au ^{xx}e siècle la capacité offensive de la guerre a d'abord été fondée sur des armements anciens, l'artillerie notamment. Les armes traditionnelles restent les plus meurtrières et, par là, les plus efficaces. Ainsi, le fusil d'assaut inventé par l'ingénieur Kalachnikov, réputé robuste, peu sophistiqué et bon marché, fut l'arme

principale des mouvements de libération des pays du bloc communiste, autant que celle des mouvements de guérilla soutenus par les États-Unis¹. Un autre exemple saisissant est l'usage des machettes comme arme de destruction d'une rare efficacité dans le génocide perpétré au Rwanda, au terme d'un massacre de masse d'une extrême intensité en quelques mois de 1994.

La thèse inverse, qui met en exergue le lien intrinsèque entre guerre et innovations technoscientifiques, a cependant été amplement démontrée par les conflits du xx^e siècle. La Première Guerre mondiale est vue comme la « guerre des chimistes », dont les explosifs ont causé plus de la moitié des morts sur le champ de bataille, la Seconde est la « guerre des physiciens » par le rôle décisif du radar et de l'arme atomique, et la notion de « révolution dans les affaires militaires » du xxi^e siècle insiste sur la primauté des technologies de l'information. Ces formules univoques sont toutefois réductrices, et contestées par les acteurs eux-mêmes, tel Lloyd George qui préféra parler de « guerre des ingénieurs » pour rendre compte de l'association entre hommes de science, techniciens, experts militaires et industriels. En interrogeant la radicalité des mutations techniques à l'œuvre, les historiens ont ainsi tracé une ligne de partage entre les deux guerres mondiales.

En 1918, avec l'emploi massif des chars, des avions, des sous-marins, des gaz et des explosifs, l'environnement technique du champ de bataille est très différent de celui de l'entrée en conflit. Pour les belligérants, il était manifeste que la technique avait façonné la guerre, qu'il s'agisse de la détection sous-marine, la conduite de tir, l'instrumentation aéronautique et optique, la photographie aérienne ou la transmission sans fil. Toute une culture de la précision, qui, en temps de paix, avait besoin du champ clos du laboratoire pour être mise en œuvre, a été développée dans des conditions expérimentales bouleversées sur le champ de bataille². La quête des moyens de précision se traduit par des innovations comme celle du repérage par le son, inauguré par les Britanniques dans la bataille de Cambrai de la fin 1917, qui consiste en une série de microphones placés sur le front d'où l'attaque devait être lancée et qui peuvent détecter le son assourdi d'un tir de canon au loin. Les ondes sonores sont ensuite tracées à la manière des mesures sismographiques d'un séisme, la comparaison de ces relevés permettant d'établir l'exacte position du canon.

Ces innovations n'ont cependant pas été décisives dans l'issue du conflit qui a reposé sur des armes déjà en fonction en 1914, mais dont

1. Edgerton 2013 (p. 197).

2. David Aubin et Patrice Bret, « Introduction », in « Le sabre et l'éprouvette » 2003 (p. 43-47).

de nouveaux usages ont été expérimentés, avec une efficacité croissante¹. Marc Bloch, lui-même combattant, a souligné combien, en quatre ans d'affrontement, les soldats ont été « techniquement » modelés par les transformations des équipements et celles des modes de combat. Mais, plus que toute rupture technologique, c'est surtout l'immense effort de production industrielle qui a été décisif. Le cas des gaz de combat est parlant. Leur usage, apparu en avril 1915 sur le champ de bataille d'Ypres à l'initiative allemande, après des mois d'essais secrets, puis étendu à d'autres fronts, résulte bien d'une succession d'innovations : dans la mise au point des toxiques et de leur pouvoir incapacitant ou létal, et la parade défensive qu'elle suscite ; dans les vecteurs de leur dissémination, des fûts enterrés sur la ligne de front aux obus remplis de gaz ; dans les moyens de leur production industrielle ; dans les structures organisationnelles de la recherche, dont les plus abouties ont été supervisées par le Kaiser-Wilhelm Institut de chimie de Berlin, dirigé par Fritz Haber et Walther Nernst. Il est pourtant avéré que, en dépit de la rupture induite par ce nouveau système d'arme, les gaz n'ont eu, une fois l'effet de surprise épuisé, qu'un faible impact stratégique². L'argument ne conduit pas à réduire leur influence, mais les déplace au nombre des effets psychologiques d'une arme de terreur, caractéristique de cette guerre d'attrition.

Les ruptures technologiques sont en revanche manifestes dans le second conflit mondial. Celui-ci a abouti, à l'issue d'une intense mobilisation des mondes scientifique et mathématique, à donner une place centrale à la conception d'armes de rupture, voire aux *Wunderwaffen* qu'appelait de ses vœux le ministre à la Propagande du Reich pour renverser « miraculeusement » une situation militaire compromise. Développement du radar et conception de la bombe A au premier chef, mais aussi électronique, fusée de proximité ou fusée à carburant solide ont été l'objet de ce déploiement scientifique sans précédent. Ce franchissement de seuils ne s'arrête pas aux objets techniques et aux instruments, ni même à l'immense effort de production industrielle qui les a rendus opérationnels. De manière aussi fondamentale, il concerne l'ensemble des nouveaux outils qui, faisant fond sur les mathématiques, la logique, les statistiques, les probabilités, utilisant les moyens de calcul et les outils formels permis par les premiers ordinateurs, offrent des techniques de gestion, d'anticipation et de modélisation, appliqués aux situations concrètes et abstraites que la guerre engendre, voire à la guerre elle-même : recherche opérationnelle, théorie des jeux,

1. Winter (dir.) 2013-2014 (vol. 2).

2. Lepick 1998.

analyse des systèmes, traduisent l'ambition de gérer rationnellement les processus réels, qu'ils soient matériels ou sociaux¹.

Durant la guerre froide, comme l'a souligné Paul Edwards, la métaphore du monde clos qui sous-tend la vision du monde partagée par les deux camps est étayée par les outils informatiques : la guerre est un champ imaginaire à penser, autant qu'une réalité pratique, dans laquelle les simulations sont plus décisives que les armes. Un nouveau seuil est franchi avec la gestion de l'incertitude stratégique propre à la dissuasion qui s'organise autour de scénarios du pire élaborés par le monde des experts et des stratèges. La course aux armements qui en résulte repose sur deux pieds, l'accumulation de moyens et l'innovation technologique². Les objets emblématiques en sont les vecteurs et la conquête de l'espace pour les lanceurs, suscitant à partir du milieu des années 1950 un immense investissement dans la recherche dédiée aux missiles intercontinentaux et aux programmes de missiles Polaris tirés à partir de sous-marins en plongée.

Les sciences sont alors les pourvoyeuses de solutions pour des défis technologiques d'une grande complexité, qu'ils concernent les dimensions de la bombe, les vecteurs et les dispositifs qui les optimisent tels que miniaturisation des ogives, rayon d'action et vitesse des bombardiers, précision des tirs de missiles, guidage des vecteurs³. On leur assigne une finalité de rupture, s'agissant d'armes nouvelles, comme les missiles à ogives multiples capables de se diriger chacune sur un objectif différent (Mirv), ou de systèmes d'armes déjà connus qu'il convient de mener à une « efficacité totale », comme les armements défensifs qui conjuguent moyens de repérage et armes d'interception. Dans la configuration de la dissuasion, l'armement défensif est en quête d'invulnérabilité ou de « quasi-invulnérabilité » : l'initiative de défense stratégique du président Reagan en constitue un point d'orgue, déployant à partir de 1983 un immense programme de recherche appuyé sur une agence d'État et sur de nombreux secteurs de pointe de l'industrie américaine, abandonné à la fin de la guerre froide puis relancé par l'administration Bush après le 11 septembre 2001.

En temps de guerre froide, avec les implications de la dissuasion quant au niveau des arsenaux et à la quête de technologies capables de rompre « l'équilibre de la terreur », la prise en compte des sciences de guerre devient un élément capital des processus de décision, non plus seulement stratégique – comme l'arme chimique ou la bombe atomique – mais

1. Dahan et Pestre (dir.) 2004.

2. Edwards 2013, Chagnollaude 2011.

3. Chagnollaude 2011 (p. 23).

partie prenante du politique. Ainsi, au début des années 1960, c'est l'évaluation par les décideurs américains, en contexte d'incertitude, d'une donnée technologique – le supposé *missile gap*, ou fossé technologique en matière de missiles à longue portée censé séparer l'arsenal des États-Unis de celui de l'URSS après le succès de son premier vol spatial habité – qui détermine la politique du secrétaire d'État à la Défense, Robert McNamara, fixant des objectifs sans précédent en termes quantitatifs et qualitatifs à l'effort de recherche militaire. Ce nouveau régime des relations entre sciences et guerre, caractérisé par une co-construction de la politique de défense américaine et de la politique de recherche scientifique, rendues interdépendantes au nom de la sécurité nationale, pourrait être résumé par le slogan qui préside en 1999 aux États-Unis à la loi National Missile Defense invitant à développer un programme « aussi vite que la technologie le permettrait¹ ».

Des sciences pour penser et rationaliser la guerre

Le prisme de l'innovation favorise une lecture univoque de sciences « pour la guerre » enrôlées par des conflits qu'elles transforment. À l'encontre d'une telle vision, des historiens ont questionné la porosité des catégories – science et militaire, science et guerre – et les interactions à l'œuvre dans leurs relations, interrogeant ainsi la continuité des pratiques entre temps de paix et temps de guerre. Ces relectures ont été favorisées dans les années 1970 et 1980 par les études critiques des sciences et, en temps de guerre froide, par la lumière faite sur les liens entre le militaire, le politique et l'économie, en écho à la dénonciation du « complexe militaro-industriel ».

La « militarisation » de l'entreprise science a été envisagée sous l'angle d'un processus d'hybridation. Le tableau conventionnel des relations entre guerre et science met en valeur que les productions scientifiques naissent dans la sphère civile et que, détournées de leur usage, elles sont appropriées par le militaire. Ce tableau peut être nuancé, voire inversé, comme l'a fait David Edgerton², montrant que nombre de dispositifs, de l'aviation à la radio, ont été développés dans des contextes militaires et résultent de transferts multiples. Le système radar britannique, en application de la radio, est issu de l'expérience de défense aérienne des années 1930, qui a pour origine la Grande Guerre. Ce qui devient un dispositif militaire

1. Chagnollaude 2011 (p. 73).

2. Edgerton 2013 (p. 195).

central de la Seconde Guerre mondiale est à nouveau réapproprié après le conflit pour être à l'origine de la constitution du champ des résonances nucléaires. *A contrario*, des sciences exclusivement pour la guerre ont pu s'avérer être un pur produit de la science universitaire, comme la bombe atomique en constitue un exemple de taille, impliquant le monde civil. Par ailleurs, les systèmes d'armes du xx^e siècle ont requis l'hybridation de disciplines dans des projets communs : qu'il s'agisse de faire converger des savoirs académiques au service de dispositifs spécifiques (chimistes, biologistes, médecins dans la guerre défensive contre les gaz en 1915), de solliciter des compétences dans les périphéries universitaires pour leur conférer un rôle opérationnel central (géographie, topographie, géodésie, météorologie, optique, télégraphie ou sciences des communications dans la Grande Guerre) ou bien de faire travailler ensemble les sciences les plus fondamentales et l'*engineering* (la mobilisation de plus de 150 000 ingénieurs, techniciens et ouvriers dans le projet Manhattan en convergence avec les physiciens fondamentalistes). Enfin, la militarisation des sciences pose la question de l'intégration des scientifiques aux sphères militaires. Les universitaires comme les états-majors ont eu tendance à sous-estimer leur collaboration mutuelle : soit pour en dénoncer la faiblesse – les savants déplorent leur mise à l'écart imputée au conservatisme des états-majors, les militaires entendent les contenir à la résolution de problèmes plutôt qu'à la définition des objectifs –, soit, à rebours, pour dénier l'existence de cette collaboration qui cadre mal avec l'éthos que les scientifiques affichent par prédilection. Les pratiques engendrées par la guerre se sont-elles pérennisées une fois dissipées les contraintes de l'urgence et de la mobilisation générale ? On suivra Dominique Pestre concluant que le second conflit mondial et la guerre froide « induisent une fracture majeure dans la pratique des sciences de laboratoire¹ » et imposent, durablement, de nouvelles formes collaboratives.

Les usages que les guerres ont faits des sciences au xx^e siècle ont aussi reposé sur les processus d'optimisation à l'œuvre dans la conduite des opérations militaires, l'organisation de la production et la gestion des hommes. Ces opérations ont eu en commun d'utiliser des outils scientifiques pour rationaliser et accroître le rendement de l'entreprise guerre. Présentons-en deux épisodes exemplaires.

Dans les guerres mondiales, les préoccupations d'« efficacité » (le terme *efficiency* est plus adéquat) concernent les individus et les collectifs, les troupes et les travailleurs, mais aussi la lutte contre les effets nocifs de

1. Pestre, « Le nouvel univers des sciences et techniques », in Dahan et Pestre 2004 (p. 26).

l'enrôlement total qui suscite une usure dévastatrice pour les sociétés qui les subissent. Dans les différents domaines qui associent savoirs et pratiques de la performance humaine, la psychologie, pour l'esprit, autant que la physiologie, pour le corps, ont trouvé une place éminente. C'est le cas, dans la première moitié du xx^e siècle, des études sur la sélection du « facteur humain ». Le champ d'intervention, qui en est à ses débuts dans la sphère professionnelle, consiste à mesurer les conditions psychologiques que requièrent des aptitudes techniques. L'objectif est aussi de mesurer et sélectionner les compétences « psychophysiques » de personnels spécialisés, en une étroite association entre les processus psychologiques et leurs fondements physiologiques qui constitue le mot d'ordre de la psychotechnique. Dans cette lignée, les Allemands Walther Moede et Curt Piorkowski mènent des tests sur les automobilistes, les pilotes d'avion et les opérateurs radio, selon les méthodes et les instruments, tel le chronoscope de Hipp, que la psychologie expérimentale développe en laboratoire¹. En France, Jean-Maurice Lahy conduit sur le front des études psychotechniques pour la sélection des artilleurs. Étudiant leur temps de réaction, il met en œuvre un « indice de fatigabilité », et tente d'objectiver la nervosité au combat par des tests mesurant la « plasticité fonctionnelle » comme « indice de sang-froid ». La discipline prend son essor dans le conflit suivant, où il est désormais reconnu que la guerre moderne requiert, même chez le simple soldat, la capacité à prendre des initiatives opérationnelles dans lesquelles entrent en jeu des aptitudes intellectuelles qu'il convient de discipliner.

Deuxième exemple, celui des *think tanks* qui se développent au service de l'institution militaire après 1945. Comme les ont décrits Dominique Pestre et Paul Edwards², il s'agit ici d'optimiser, par des dispositifs mathématiques et expérimentaux, les opérations tactiques et stratégiques qui commandent à l'efficacité au combat, la logistique et la gestion des hommes et des moyens dans les systèmes. Les pionniers de la recherche opérationnelle, tels les physiciens et ingénieurs chargés de mettre au point le système radar pour la défense aérienne britannique, développent une vision intégratrice des techniques radar, de l'électronique et de la formation des hommes. Cette pensée des systèmes s'est particulièrement développée aux États-Unis dans le cadre de la Rand Corporation, archétype des *think tanks* au service de l'institution militaire, qui vise à rationaliser l'action des décideurs en leur fournissant des outils logiques et formels, et à concevoir les moyens futuristes du prochain conflit.

1. Rabinbach 1990.

2. Pour tout ce paragraphe, Pestre 2002.

L'organe fondé par l'US Air Force réunit autour du spécialiste en mathématiques appliquées Warren Weaver la fine fleur des experts scientifiques universitaires – mathématiciens et logiciens, mais aussi économistes, physiciens, psychologues – recrutés pour la définition des programmes par l'analyse des systèmes, la modélisation d'objets complexes, qui passent aussi par des mises en situation expérimentale très concrètes. Ainsi John von Neumann est l'une des figures de proue des mathématiciens liés à la Rand, appliquant la théorie des jeux dont il était pionnier à la simulation de scénarios de guerre nucléaire globale.

Un pacte critique

Le pacte qui unit les sciences et les guerres ne saurait être saisi sans prendre en compte une de ses dimensions constitutives, celle de la critique constante dont il a été l'objet. Si celle-ci n'a pas eu d'influence politique telle qu'elle puisse même freiner le développement des « sciences pour la guerre », elle est cependant une composante essentielle des représentations que les sociétés se font des sciences et que les scientifiques se font d'eux-mêmes. Comment concilier la construction issue du projet des Lumières et du progressisme du XIX^e siècle – les sciences comme entreprise de rationalisation et de compréhension universelle dont la société est bénéficiaire – et ce mal absolu qu'est la guerre, menaçant, au XX^e siècle, la survie même de l'humanité ? Comment concilier le rôle assigné aux savants dans le processus de brutalisation que la guerre implique et l'éthos dont ils se réclament ? La critique des sciences pour la guerre a mis en débat cette question insoluble. Elle est parvenue à gagner progressivement des cercles sociaux élargis, mais elle a aussi permis, à rebours des buts critiques poursuivis, que politiques et scientifiques justifient cette collaboration organique et négocient des compromis.

Dès la Grande Guerre, il est manifeste que la mobilisation des sciences accroît la capacité destructrice des batailles. En 1915, chaque belligérant suscite des commissions d'enquête qui dénoncent les « méthodes de guerre inhumaines » de l'ennemi, incluant bombardements aériens et armes chimiques. La stigmatisation de la science mortifère accède à la scène publique, même si ce n'est pas la science en tant que telle, mais la science ennemie seule, qui se trouve dans le viseur, accusée d'être caporalisée et manipulée par des intérêts idéologiques. C'est à ce titre que Fritz Haber est mis en accusation par le traité de Versailles en tant que criminel de guerre à l'égal du Kaiser. Mais la réflexion sur la responsabilité du savant demeure subsidiaire, si bien que le même Haber peut être récipiendaire

en 1920 du prix Nobel de chimie au titre de l'année 1918. De fait, très rares sont les scientifiques à être restés « au-dessus de la mêlée », tel Einstein refusant de signer le Manifeste des 93 qui réunit en 1914 l'élite des savants allemands, ou à avoir dénoncé la compromission de la science dans la guerre, tel le mathématicien Bertrand Russell. C'est seulement une fois le conflit refermé que se fait entendre la condamnation de la « science homicide », selon les mots de l'historien français Jules Isaac en 1922 : « Si la guerre a tourné en catastrophe, c'est à la Science qu'il faut s'en prendre, et à elle seule. Par elle, la capacité homicide et destructive de la guerre s'est trouvée décuplée, centuplée¹. » L'instrumentalisation des sciences par la guerre a été consentie durant le conflit. Qu'elle soit dénoncée à la faveur du pacifisme dominant de l'entre-deux-guerres, dans les démocraties tout au moins, favorise l'émergence de postures critiques, mais aussi justificatrices.

Un premier argumentaire idéalise la science pure, indépendante de tout intérêt et ne visant qu'à la recherche de la vérité. Pensons à Paul Langevin qui, quoique artisan de la guerre sous-marine dans son laboratoire de Toulon, dénonce en 1925 la « prostitution de la science à la guerre » à la tribune de la Ligue des droits de l'homme. Il ne s'agit pas ici de psychologiser des comportements – qu'on pourrait analyser en termes de déni – mais d'en rendre compte par un éthos partagé assignant à la science un idéal d'autonomie. « La science est profondément indifférente à la manière dont nous pouvons l'utiliser », répond le doyen de la faculté des sciences de Paris à Jules Isaac². Elle peut se laisser détourner par les circonstances que la défense de la civilisation, dans la Grande Guerre, celle des démocraties, dans la Seconde Guerre mondiale, ou celle des blocs, dans la guerre froide, exigent, mais elle doit reprendre son cours normal une fois la parenthèse refermée. La critique du complexe militaro-industriel s'inscrit dans le même registre. Émanant du pouvoir lui-même – c'est Eisenhower qui met en garde en 1961 contre « l'influence illégitime » du complexe militaro-industriel et le risque du « développement désastreux d'un pouvoir usurpé » –, elle témoigne de l'impact croissant du militaire sur la recherche et l'enseignement supérieur, en termes de budgets et d'agenda, mais aussi de finalités et même d'état d'esprit. La critique cible la perte d'autonomie du monde scientifique qui n'aurait plus la capacité à agir sur le monde, ni même à le comprendre, à d'autres fins que militaires³.

1. Isaac 2002 [1922] (p. 84).

2. 25 novembre 1923, cité in Isaac 2002 [1922] (p. 87).

3. Leslie 1993.

Un deuxième argumentaire né de l'entre-deux-guerres est celui de l'idéal régulateur. La science, simple pourvoyeuse de moyens, n'est pas en cause dans les mauvais usages qui en sont faits : aussi appartient-il à une instance supérieure de fixer des limites aux capacités de destruction et d'en contrôler l'application. Le débat porte sur la légitimité de l'autorité régulatrice et les mobiles qui l'animent. Le pouvoir politique a toujours affirmé devoir rester aux commandes pour subordonner tout contrôle aux intérêts supérieurs de la stratégie. Ainsi, sous l'égide du droit international, c'est le coût gigantesque de la recherche antimissile asséchant les budgets de défense, pour une réussite opérationnelle médiocre, qui a poussé aux premières négociations de désarmement entre Américains et Soviétiques à la fin des années 1960. Les scientifiques constituent un autre groupe de pression qui revendique de prendre part à la décision en matière de régulation, considérant qu'ils sont les seuls à même d'en maîtriser la portée. Le franchissement de seuil causé par l'arme nucléaire, puis thermonucléaire, y joue un grand rôle, comme le souligne Joliot-Curie dès novembre 1945 :

Les scientifiques sont conscients de leur responsabilité dans cette affaire et admettent de moins en moins d'être mis hors circuit lorsqu'il s'agit de prendre des décisions sur l'utilisation de leurs découvertes et inventions. Ils savent trop la mauvaise utilisation qu'on en a souvent faite. Ils désirent fermement être admis à discuter les questions concernant le contrôle international¹.

Certains des physiciens de premier plan impliqués dans le projet Manhattan ont pu ainsi invoquer sans solution de continuité la validité de leur expertise dans la mobilisation de la science de guerre autant que dans sa démobilisation. Ainsi en 1939 Leo Szilard fait appel à Einstein, pacifiste patenté, pour convaincre le président américain du bien-fondé de l'investissement massif dans la conception de l'arme nucléaire. Une fois la bombe opérationnelle, le même Szilard adresse à Truman une lettre signée par le même Einstein sur la nécessité d'un contrôle international de l'arme nucléaire, tandis que James Franck est l'auteur en juillet 1945 d'un rapport plaidant pour une démonstration dissuasive de la bombe, en la faisant exploser dans le désert, avant tout bombardement d'une ville japonaise. 155 physiciens signent une pétition dans ce sens, censurée par l'armée américaine et rendue publique seulement en 1963². Dans l'immédiat après-guerre, l'action des Leo Szilard, Niels

1. Joliot-Curie 1945 (p. 198).

2. Salomon 2006.

Bohr, James Franck, Hans Bethe, Isidore Rabi, conduit à la création de l'association américaine des Atomic Scientists dont le *Bulletin* devient la tribune des militants en faveur de la réduction de l'armement, voire du désarmement. C'est le même esprit de cogestion de la régulation entre politiques et scientifiques qui conduit en 1957 à la fondation du mouvement international des Pugwash Conferences on Science and World Affairs, à l'initiative de Bertrand Russell et du physicien polonais Józef Rotblat, le seul scientifique à avoir quitté le projet Manhattan avant l'explosion d'Hiroshima. Les scientifiques qui s'y rencontrent en tant qu'individus y discutent au nom de leur expertise des voies pour limiter les tensions internationales causées par la course aux armements. Dans cette optique, le mouvement scientifique de protestation antinucléaire, impulsé par une partie de ceux qui ont pris part à la conception des nouvelles armes, joue un rôle moteur pour catalyser la mobilisation de plus larges secteurs de la société, à travers des vecteurs médiatiques (l'anthologie *One World or None*, 1946), associatifs (l'organisation *Ban the Bomb*) ou militants (la campagne pétitionnaire de 1958 contre les essais menée par le chimiste Linus Pauling).

Comme en 1914-1918, la critique d'après 1945 est toujours de nature morale mais elle est désormais portée par l'individu, et pas seulement par le collectif savant. Le célèbre examen de conscience d'Oppenheimer, leader du projet Manhattan, n'est pas singulier. Sakharov, principal concepteur de la bombe H soviétique en 1953 au sein du projet coordonné par Beria, adopte après 1962 une attitude critique au nom des « problèmes moraux » que suscitent les essais nucléaires. Pour Primo Levi, dont le témoignage prend doublement appui sur son identité professionnelle de chimiste et son expérience de déporté, il s'agit d'en appeler à la conscience individuelle des scientifiques : « Il faut donc que, dans le monde entier, physiciens, chimistes et biologistes prennent pleinement conscience de leur sinistre pouvoir¹. » L'enjeu de la question morale n'est pas seulement de responsabilité sociale. Il est aussi dans l'*hubris* et le plaisir à la source de l'activité scientifique. Sakharov concédait que la physique des explosions thermonucléaires était le paradis du théoricien, tandis qu'Oppenheimer s'exprimait sur les motivations des scientifiques engagés dans la conception de la bombe : « La raison pour laquelle nous avons fait ce travail est que ce fut une nécessité organique. Si vous êtes un scientifique, vous ne pouvez pas arrêter ce genre de choses². » Les guerres du xx^e siècle, par la démesure des investissements sociaux et économiques qui leur sont consentis,

1. Levi 2005 [1987] (p. 919).

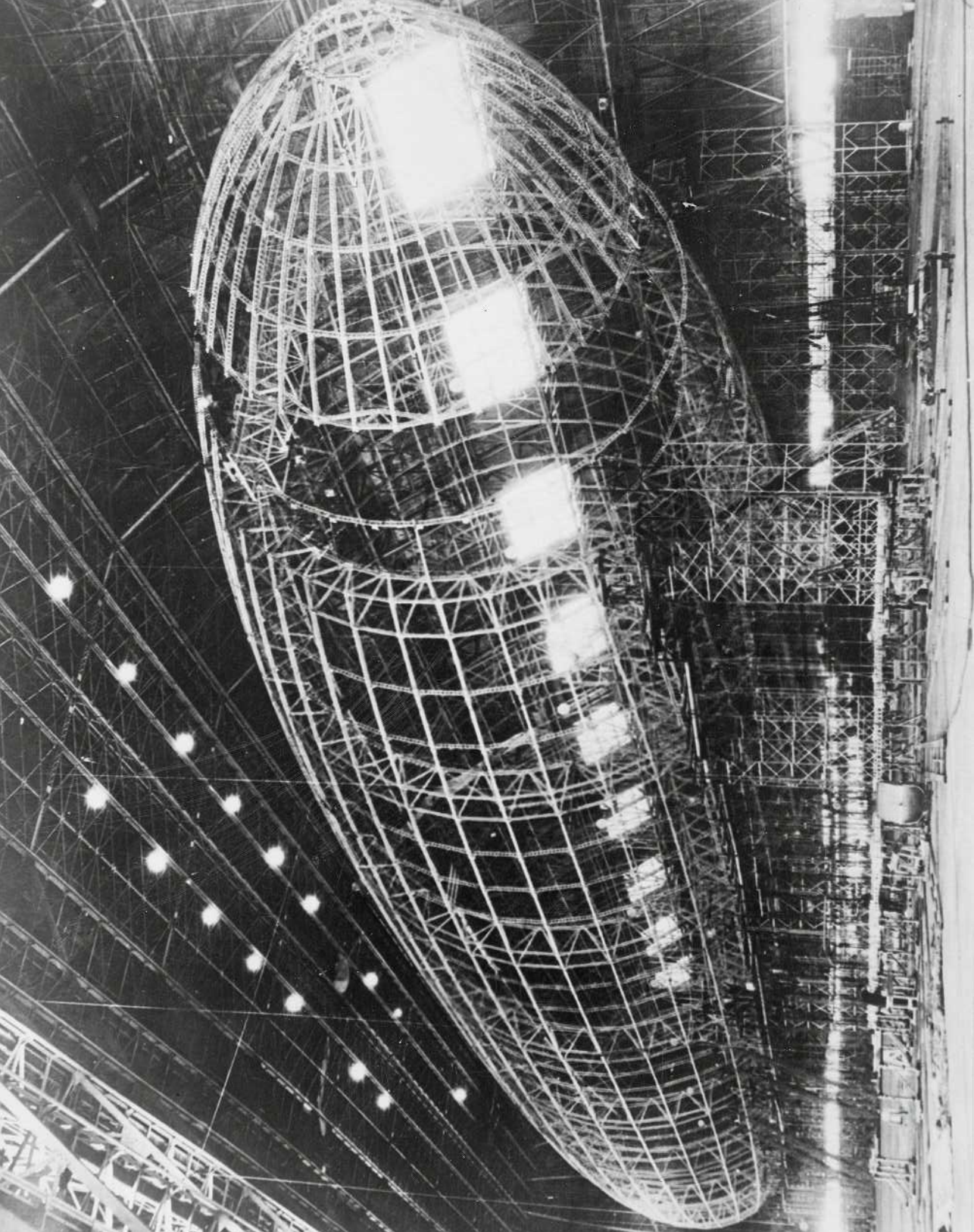
2. Salomon 2006 (p. 243 et *passim*).

ont offert un terrain expérimental à la réalisation de la profession de foi baconienne : savoir comment le monde fonctionne.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAUMAN Zygmund, 2002, *Modernité et Holocauste*, Paris, La Fabrique.
- CHAGNOLLAUD Jean-Paul, 2011, *Brève Histoire de l'arme nucléaire entre prolifération et désarmement*, Paris, Ellipses.
- CRAWFORD Elisabeth, 1992, *Nationalism and Internationalism in Science (1880-1939): Four Studies of the Nobel Population*, Cambridge, Cambridge University Press.
- DAHAN Amy et PESTRE Dominique (dir.), 2004, *Les Sciences pour la guerre (1940-1960)*, Paris, Éd. de l'EHESS.
- EDGERTON David, 2005, *Warfare State: Britain (1920-1970)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- 2013, *Quoi de neuf? Du rôle des techniques dans l'histoire globale*, Paris, Seuil.
- EDWARDS Paul N., 2013, *Un monde clos. L'ordinateur, la bombe et le discours politique de la guerre froide*, Paris, B2.
- HARRISON Carol E. et JOHNSON Ann (dir.), 2009, « National Identity: The Role of Science and Technology », dossier thématique d'*Osiris*, vol. 24.
- HORNE John (dir.), 2010, *Vers la guerre totale. Le tournant de 1914-1915*, Paris, Tallandier.
- ISAAC Jules, 2002 [1922], « Paradoxe sur la science homicide », rééd. in *Alliage*, n° 52, p. 79-87.
- JOLIOT-CURIE Frédéric, 1945, « La désintégration atomique », *Les Cahiers rationalistes*, vol. 58, n° 86, p. 178-199.
- KEVLES Daniel J., 1978, *The Physicists: The History of a Scientific Community in Modern America*, New York, Alfred A. Knopf.
- KRIGE John et PESTRE Dominique (dir.), 1997, *Science in the Twentieth Century*, Amsterdam, Harwood Academic Publishers.
- LEPICK Olivier, 1998, *La Grande Guerre chimique*, Paris, PUF.
- « Le sabre et l'éprouvette », 2003 : « Le sabre et l'éprouvette. L'invention d'une science de guerre (1914-1939) », dossier thématique de *14-18: Aujourd'hui, Heute, Today*, Paris, Noésis.
- LESLIE Stuart W., 1993, *The Cold War and American Science: The Military-Industrial-Academic Complex at MIT and Stanford*, New York, Columbia University Press.
- LEVI Primo, 2005 [1987], « Le sinistre pouvoir de la science », *Uomini e libri*, n° 112, janvier-février 1987, in Primo LEVI, *Ceuvres*, Paris, Robert Laffont, p. 918-919.
- LINDQVIST Sven, 2012, *Une histoire du bombardement*, Paris, La Découverte.
- PESTRE Dominique, 2002, « La pensée mathématique des systèmes », in Dominique PESTRE (dir.), dossier « La science et la guerre », *La Recherche*, hors-série n° 7, p. 10-15.
- 2003, *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, Paris, Quæ.
- PROCHASSON Christophe et RASMUSSEN Anne (dir.), 2004, *Vrai et faux dans la Grande Guerre*, Paris, La Découverte.
- RABINBACH Anson, 1990, *The Human Motor: Energy, Fatigue and the Origins of Modernity*, Berkeley (CA), University of California Press.
- SACHSE Carola et WALKER Mark (dir.), 2005, *Politics and Science in Wartime:*

- Comparative International Perspective on the Kaiser Wilhelm Institute*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- SALOMON Jean-Jacques, 2006, *Les Scientifiques entre pouvoir et savoir*, Paris, Albin Michel.
- SCHROEDER-GUDEHUS Brigitte, 1978, *Les Scientifiques et la paix. La communauté internationale au cours des années 20*, Montréal, Presses de l'université de Montréal.
- SCHWEBER Silvan S., 2000, *In the Shadow of the Bomb: Oppenheimer, Bethe, and the Moral Responsibility of the Scientist*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- TRAVERSO Enzo, 2009, *1914-1945: la guerre civile européenne*, Paris, Hachette Littératures.
- WINTER Jay (dir.), 2013-2014, *La Première Guerre mondiale*, Paris, Fayard, 3 vol.
- WITTNER Lawrence S., 2009, *Confronting the Bomb: A Short History of the World Nuclear Disarmament Movement*, Palo Alto (CA), Stanford University Press.
- ZYLBERMAN Patrick, 2013, *Tempêtes microbiennes. Essai sur la politique de sécurité sanitaire dans le monde transatlantique*, Paris, Gallimard.



3 L'État entrepreneur de science

DAVID EDGERTON

Au cours des dernières années, de nombreux organismes d'État chargés des politiques de recherche se sont convertis à l'idée que des politiques nationales de recherche agressives et ciblées pouvaient générer des retombées économiques rapides et spectaculaires. Leurs responsables espèrent être à l'origine des prochains Google ou Microsoft, même si cela serait plutôt dans le domaine des sciences de la vie que dans celui de l'informatique. Certains d'entre eux estiment qu'une industrie de la biologie synthétique pesant 100 milliards de dollars US pourrait émerger au cours de la prochaine décennie. Ces rêves sont absolument nouveaux : jamais auparavant les organismes de recherche des États n'ont prétendu pouvoir atteindre des résultats de ce type. Il va d'ailleurs sans dire qu'il n'existe aucun exemple de réalisations de cette ampleur, et ces prétentions doivent être comprises comme le produit d'une politique de recherche universitaire bien particulière financée par l'État, qui a peu à voir avec la réalité de la recherche, et encore moins avec la création de nouvelles industries. En effet, les politiques de recherche sont principalement déterminées par des considérations politiques et budgétaires et non par une véritable interaction avec l'économie. « En temps de guerre, la vérité est si précieuse qu'elle devrait toujours être protégée par un rempart de mensonges », disait Winston Churchill. De même les arcanes du financement de la recherche par l'État sont-ils protégés non seulement par une extravagante futurologie, mais aussi par des catégorisations sérieusement erronées et des histoires inventées de toutes pièces.

Dans le domaine des politiques de recherche, rien n'est véritablement conforme aux apparences. Par exemple, les termes consacrés tels que « politique scientifique », ou les débats sur les relations entre « science et société » ou « science et État », ont des significations qui sont loin d'être fondées et qui véhiculent des présupposés qui ont une grande importance. Par exemple, dans le modèle anglo-saxon, la science et l'État sont

◀ Construction du ballon dirigeable par la compagnie Goodyear Zeppelin, Akron, Ohio, États-Unis, vers 1930.

supposés être des catégories distinctes, la « science » étant la recherche conduite dans les universités d'élite, la « politique scientifique » désignant la politique relative à ce genre de recherche. Il est également supposé que les relations entre science et État sont les relations entre ces universités d'élite et l'État, etc. De tels présupposés sont fortement trompeurs dès que l'on veut s'intéresser à l'ensemble de la recherche, à toutes les formes de savoir que nous pourrions qualifier de science et à l'ensemble des relations de la science avec l'État et la société. De manière similaire, il existe des récits historiques selon lesquels des inventions particulières marquent l'entrée dans des époques totalement nouvelles, qui se succèdent au gré de « révolutions », dont le nombre est, étrangement, rarement estimé à plus de trois ou quatre au cours de l'histoire humaine¹.

Pour analyser les relations entre science et État, mieux vaut éviter de partir des *discours* sur la « politique scientifique » ou ce qui s'y rapporte, et s'appuyer plutôt sur ce que nous savons du *fonctionnement* des États et du rôle historique des nouveaux savoirs. Par souci de clarté, nous pouvons distinguer deux modèles opposés d'interaction entre États et production des savoirs. Aucun des deux ne correspond à la réalité, mais chacun illustre des croyances courantes et puissantes. Selon le premier modèle, le bon savoir, indépendant et solide, est issu de la société civile, et non de l'État. Il est le produit de civils aux penchants cosmopolites, non pas de l'armée ou de la bureaucratie. Ce savoir et ses praticiens sont nécessairement en contact avec l'État, et en particulier avec l'armée, deux entités toutefois considérées dangereuses, corruptrices et conservatrices. Étant donné le pouvoir de la connaissance, l'État et l'armée se retrouvent nécessairement transformés par cette interaction, pour le meilleur et pour le pire, ce qui soulève des questions sur « la science et l'État », « la science et l'armée », des sujets qui continuent de structurer les débats, en particulier d'un point de vue moral. La « politique scientifique » est le terme consacré pour désigner la gestion de ces relations, ou au moins celles qui sont considérées comme les plus significatives (les relations de l'État avec l'élite des chercheurs universitaires extérieurs à l'État). Ces débats sont d'ailleurs tous marqués par un certain manque de réalisme.

Selon un second modèle, bien moins répandu et influent, les nations et les États sont considérés comme des agents créatifs, en concurrence les uns avec les autres. Dans ce modèle, les États sont eux-mêmes des inventeurs et des producteurs de savoir essentiels, si bien qu'il devient oiseux de faire des distinctions entre la science et l'État, entre le savoir et l'État. Les universitaires et les chercheurs non seulement voient leurs

1. Pour un point de vue critique sur ce type d'histoire des technologies, voir Edgerton 2013.

recherches financées par l'État, mais ils sont en outre fonctionnaires de l'État, et les États ont des corps d'experts techniques et de chercheurs qu'il serait absurde d'imaginer comme existant hors de l'État. Dans un tel modèle, on peut s'attendre à ce que les besoins militaires de l'État occupent une place essentielle dans la recherche, la production et l'entretien des savoirs, étant donné la centralité des fonctions militaires de l'État. De plus, les États ont un pouvoir énorme sur la société et ainsi sur la production de savoir en général.

Nous avons ainsi un modèle dans lequel tous les États réagissent face à un ensemble global et cosmopolite d'institutions inventives et de producteurs de savoir appartenant à la société civile, et un autre dans lequel les États et ses responsables dominent, et cherchent à contrôler, le savoir, en concurrence avec d'autres États.

Bien qu'ils soient profondément ancrés dans nos manières de penser, aucun de ces deux modèles ne fonctionne véritablement. Par exemple, l'idée selon laquelle il existerait des « systèmes nationaux d'innovation », englobant à la fois l'État et la société civile, reste un fantasme technonationaliste qui ignore le constat empirique évident, mais peu reconnu, qu'il n'y a pas de corrélation directe à l'échelle d'un pays entre le taux de croissance économique et l'activité dans le secteur de l'innovation. La raison est simple : les nations tirent davantage parti des innovations venant de l'étranger que de celles qui émergent au sein de leurs propres frontières ; le savoir et la pratique technique ont fondamentalement une importante dimension mondiale, non étatique. Cela ne veut pas dire que nous devrions naïvement adopter l'idée d'un techno-globalisme et nous ranger derrière celle, ancienne mais très persistante, du dépérissement des États-nations sous l'impact de dispositifs civils globaux et globalisants. En effet, cette idée est battue en brèche par le fait que la plupart des dispositifs prétendus globaux et globalisants ont été créés par des États-nations à des fins nationales, qu'il s'agisse de la radio, des avions, ou encore de l'Internet¹.

Comme cela a été souligné il y a bien longtemps, le rôle de l'État a varié non seulement dans le temps, mais aussi dans ce que les États particuliers voulaient faire, ainsi que dans leurs positions les uns vis-à-vis des autres, selon qu'ils s'agissaient d'États puissants ou aspirant à l'être. On peut par exemple citer la grande différence qui existait entre les États-Unis d'Amérique, immensément riches mais dont l'appareil d'État central était faible jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, et la pauvre Union soviétique, qui essayait de rattraper son retard. Il faut également noter que le pouvoir

1. Edgerton 2007.

de l'État dans le domaine de l'innovation tend à avoir été confiné à des domaines particuliers, en premier lieu l'armée, puis les communications ainsi que certains projets et structures de grande échelle. Néanmoins, il y a suffisamment de coordination entre les États pour qu'émergent des choses similaires au même moment dans plusieurs pays, de sorte que quelques généralisations peuvent être tentées. Mon point de vue est que le xx^e siècle a d'abord été marqué par une tendance lourde à la nationalisation des programmes de recherche, qui a été suivie par un mouvement significatif de dénationalisation.

La Grande Guerre et l'entre-deux-guerres

Il serait faux de considérer le monde d'avant 1914 comme un monde globalisé où le laisser-faire était la règle. L'action étatique, le protectionnisme économique et, bien sûr, les questions impériales jouent en effet un rôle significatif. Il n'en reste pas moins que la Grande Guerre est l'occasion pour les États et les nations de prendre de nouvelles initiatives qui auront une influence considérable dans l'entre-deux-guerres et au-delà. Après guerre, le commerce mondial ne revient pas aux niveaux de la Belle Époque, et partout s'élèvent des barrières économiques nationales et impériales plus restrictives qu'avant la guerre. Les États indépendants, dont le nombre a augmenté, et les empires protègent leurs économies. Le monde est aussi caractérisé par l'émergence d'un continent non capitaliste, l'URSS.

Pendant la guerre, les principaux États belligérants se mobilisent non seulement pour se doter de davantage d'armes et en concevoir de nouvelles, mais aussi pour développer leur approvisionnement continu en matières considérées comme faisant partie de l'économie civile, mais utiles à la guerre. Avec la perturbation du commerce, l'autonomie devient une question essentielle pour les États, pour une période qui dure bien après la fin des combats. L'exemple de l'industrie des teintures synthétiques est bien connu. Avant que la guerre n'éclate, ce secteur, caractérisé par une intense activité de recherche, est dominé par l'Allemagne au niveau mondial. L'entrée en guerre pousse les belligérants, notamment la Grande-Bretagne et la France, à créer des entreprises nationales et leurs propres programmes de recherche d'État dans ce secteur. À la fin du conflit, l'industrie allemande des colorants synthétiques reste la plus puissante du monde, mais elle est dorénavant confrontée à la concurrence sérieuse d'entreprises états-uniennes, britanniques, françaises et, bien sûr, suisses.

Toutes sortes de régimes politiques se tournent alors vers la science, la rationalité et les experts pour forger de nouvelles nations et promouvoir de nouveaux vecteurs de développement socio-économique. Si certains régimes sont dénoncés comme étant anti-science et anti-modernité par leurs détracteurs, aucune nation, sauf peut-être l'État de la cité du Vatican, ne se revendique comme telle. L'Allemagne nazie se considère moderne et scientifique, tout comme l'URSS, la Grande-Bretagne, la France et les États-Unis. La Chine républicaine et la Turquie d'Atatürk se présentent également comme des régimes modernes et promoteurs de science qui veulent en finir avec l'obscurantisme du passé. Au Japon, malgré ses attributs divins, l'empereur Hirohito est un expert en biologie marine qui s'habille à l'occidentale, que ce soit en civil ou en militaire. En fait, la plupart des critiques de la modernité sont modernes, et ceux qui critiquent les régimes impériaux sont généralement des nationalistes modernes qui, s'ils invoquent un passé préimpérial, n'en font pas pour autant un modèle d'avenir.

Autarcie

La quête d'autarcie trouve un nouvel élan avec la crise économique du début des années 1930, conjuguée à la volonté des nations d'assurer leur sécurité sur le plan militaire. Cela est particulièrement le cas de l'Allemagne qui construit son effort de recherche et de développement dans les années 1930 spécifiquement pour se procurer une quantité toujours plus importante de produits de synthèse en remplacement des biens importés. Parmi les projets clés, on peut citer divers procédés de production de pétrole à partir du charbon, le développement de la production de caoutchouc de synthèse et de fibres. En fait, de nombreux pays pouvant se voir privés d'accès aux régions productrices de coton ou de laine investissent dans des procédés de fabrication de fibres à partir de ressources locales, allant du bois à la protéine de lait. L'autarcie est un élément central de la politique de tous les États fascistes ou semi-fascistes, même dans ceux où cela paraît difficilement envisageable, comme la Grèce. Cela vaut non seulement pour l'industrie, mais aussi pour l'agriculture, et cela entraîne partout le développement de programmes nationaux de recherche en agriculture¹. Ces politiques se poursuivent aussi longtemps que le fascisme, même lorsque celui-ci survit à la Seconde Guerre mondiale. Par exemple, l'Espagne franquiste dépense beaucoup pour la recherche

1. Saraiva et Wise 2010.

et le développement dans les années 1950, notamment pour mettre au point des procédés de transformation du charbon en pétrole.

Toutes les nations ne s'engagent pas résolument sur la voie de l'autarcie. Les États-Unis d'Amérique, en tant que puissance d'échelle continentale, disposent d'à peu près tout ce dont ils ont besoin, à l'exception des produits tropicaux. La Grande-Bretagne, la plus grande puissance commerciale dans le monde, ne peut espérer atteindre l'autarcie étant donné l'étendue de ses besoins et sa petite taille. Cependant, même la Grande-Bretagne, traditionnellement favorable au libre-échange, commence à introduire des contrôles et des taxes sur les importations, ponctuellement d'abord puis de façon plus systématique, et à développer des secteurs industriels derrière ces protections. En plus de créer une industrie chimique, elle développe des processus de transformation du charbon en pétrole et, plus généralement, oriente ses politiques de recherche à des fins d'approvisionnement national et impérial, par exemple dans le domaine de la réfrigération qui permet le transport de viande et de fruits frais depuis les territoires de l'Empire en Australasie. L'impérialisme est un facteur important du soutien apporté par les États aux projets de cette époque en matière d'infrastructures de transport et de communications.

Il y a alors des compagnies nationales de transport aérien et maritime équipées d'engins produits dans le pays. Les États subventionnent la construction des grands paquebots de l'époque comme le *Bremen* et l'*Europa*, le *Rex* et le *Conte di Savoia*, et les plus gros de tous, les *Normandie*, *Queen Mary* et *Queen Elizabeth*. Le coût de ces bateaux est comparable à celui d'ouvrages colossaux comme le barrage Hoover dans l'ouest des États-Unis, ou encore à celui des plus grands navires de guerre et des gratte-ciel gigantesques comme l'Empire State Building. Chaque pays a également sa compagnie aérienne nationale qui fait voler des avions de fabrication domestique : Imperial Airways, Air France et Lufthansa sont des vitrines pour les appareils nationaux, qui représentent un coût et un effort de recherche importants pour les gouvernements. La KLM néerlandaise fait exception lorsqu'elle décide de passer d'un fournisseur national à des avions américains dans les années 1930. De manière similaire, il existe des liens étroits entre les États et les sociétés nationales de radio, par exemple RCA aux États-Unis, Marconi en Grande-Bretagne et la Compagnie générale de télégraphie sans fil (CSF) en France. L'intérêt national pour l'aviation, les paquebots et la radio revêt un caractère idéologique. Selon un trope répété *ad nauseam*, les libéraux considèrent ces secteurs comme des technologies internationales et internationalisantes qui doivent être des vecteurs de la paix mondiale en faisant tomber

les barrières entre nations. Elles sont en réalité le produit de ces mêmes barrières et sont conçues pour les renforcer.

Construire le socialisme

Pendant l'entre-deux-guerres, aucun État n'apporte de soutien plus massif et proclamé que l'Union soviétique à la recherche, aux nouvelles connaissances. Dotée d'une philosophie d'État considérée comme fondée sur les sciences de la nature, l'URSS se présente comme l'héritière de tout ce qu'il y avait de meilleur dans le monde bourgeois, comme le seul système politique ayant libéré le progrès technique des freins posés par les contradictions capitalistes. La planification et l'application planifiée de la recherche qui bénéficient d'un soutien généreux sont censées accélérer le rythme du progrès humain. Cette idée a également ses partisans enthousiastes hors d'URSS, comme le pionnier des études sur les sciences, John Desmond Bernal. Le pays du socialisme réellement existant reste bien sûr traversé par de nombreuses contradictions. Tout en étant profondément internationaliste, il est également extrêmement nationaliste, en particulier dans les années 1940. Même s'il est convaincu de la supériorité soviétique dans la planification de la recherche, dans l'innovation et dans l'utilisation des machines, le pays achète en masse de nouvelles machines et des usines, et a recours à des experts étrangers, principalement états-unis, pour les mettre en place. L'Union soviétique développe ainsi une capacité extraordinaire à apprendre, copier et améliorer, de sorte qu'elle peut développer de manière autonome, dès les années 1930, des machines meilleures que celles qu'elle importe. Finalement, l'Union soviétique d'après 1945 est capable de réaliser des premières marquantes dans le domaine des armes nucléaires et des fusées, de sorte qu'elle semble pouvoir dépasser le monde capitaliste.

La Seconde Guerre mondiale

Au début de la Seconde Guerre mondiale, on peut raisonnablement s'attendre à un ralentissement des activités de recherche et développement, et à une réaffectation des chercheurs expérimentés à des tâches plus urgentes. Cela est le cas mais, dans un certain nombre de pays belligérants, les activités de recherche et développement se développent fortement. L'exemple le plus frappant est celui des États-Unis qui, s'ils sont déjà une grande puissance en 1939, ne sont pas encore leader dans le domaine de

la recherche et du développement militaires. Avec leur énorme capacité de production et leur immense richesse, les États-Unis développent leur capacité de recherche en prenant des idées en Europe et en les réalisant rapidement à une échelle gigantesque. Ils terminent la guerre avec les moteurs à pistons les plus puissants, les plus gros avions, une production massive de caoutchouc synthétique, la capacité de produire d'énormes quantités de carburant pour avion, ainsi qu'en position dominante dans le domaine des nouvelles armes comme les radars, les fusées de proximité et bien sûr la bombe atomique. Pendant la guerre, les grands projets sont conduits par une variété d'agences, l'armée, la marine et les autorités responsables de l'utilisation du pétrole comme arme de guerre. Seule une petite partie de ces projets relève d'agences de recherche spécialisées, dont l'Office of Scientific Research and Development (« Bureau de recherches et de développement scientifiques », en charge notamment du projet sur les radars) qui est la principale source de financement militaire pour la recherche et le développement dans les universités.

Grâce à l'effort de guerre, les États-Unis se retrouvent avec des capacités de recherche complètement transformées, émergeant comme la première puissance mondiale en 1945 dans le domaine militaire et dans la plupart des secteurs civils qu'ils ne dominaient pas déjà auparavant. Par la suite, les universités continuent d'être des centres de recherche majeurs liés à l'État et aux militaires. Les États-Unis peuvent alors entrevoir l'avenir avec confiance dans un monde où l'innovation rapide joue un rôle toujours plus important, un monde qu'ils sont en position de dominer.

Le long boom et la guerre froide

Les années qui suivirent la Seconde Guerre mondiale, en particulier à partir de 1949-1950, sont marquées par des niveaux de dépenses militaires exceptionnels, dont une grande partie est consacrée à l'acquisition et à la conception de nouvelles armes. La supériorité technologique étant considérée comme toujours plus essentielle pour la guerre, non seulement la R & D dans le domaine militaire progresse de manière considérable, mais de plus en plus de crédits sont dépensés sur un nombre toujours plus limité de programmes. Dans de nombreux pays, le financement par l'État de la recherche et développement bénéficie principalement aux agences militaires, représentant plus de la moitié de l'ensemble de la R & D dans les années 1950, même dans les pays capitalistes. L'essentiel de l'argent est consacré au développement de fusées, aux moteurs à réaction et aux avions, aux armes atomiques, ou encore à l'électronique,

dans des laboratoires industriels ou gouvernementaux. Dans certains pays, et surtout aux États-Unis, l'armée devint le principal financeur de la recherche en science physique dite « fondamentale » dans les universités. Après la guerre, les services de l'armée et la Commission de l'énergie atomique des États-Unis dominent le financement de la recherche universitaire dans le pays. Ce n'est qu'en 1950 qu'est créée une agence purement civile, la National Science Foundation, qui ne rivalise que beaucoup plus tard avec les financements militaires sur les campus universitaires. Dans le contexte particulier des États-Unis, la guerre marque un changement important et permanent : pour la première fois, le gouvernement fédéral accorde un financement à grande échelle de la recherche dans les universités. Un tel mouvement a bien sûr été engagé depuis des décennies dans d'autres grandes nations, dont les États-Unis copient ainsi les programmes de recherche et les modes de financement. Mais ils le font à une échelle beaucoup plus grande, avec un accent particulier sur la recherche militaire. Ce qui se passe sur les campus ne constitue qu'une partie de l'histoire.

Comment ce rôle dominant joué par l'État après la guerre doit-il être interprété ? L'élément de loin le plus important est le soutien aux projets, firmes et industries qui fournissent des machines pour les entreprises nationales, en premier lieu les forces armées du pays, mais également les compagnies aériennes, les infrastructures et les industries nationales. Dans ce contexte, il ne fait aucun sens de penser à des « modèles linéaires d'innovation » ou autres concepts trompeurs issus d'analyses partielles d'institutions d'importance limitée telles que la National Science Foundation des États-Unis¹. Nous devons adopter un nouveau langage pour saisir à la fois les continuités importantes et les changements radicaux engendrés par l'ampleur et l'extrême complexité des programmes techniques, avec leur lot de nouvelles exigences en termes de gestion, de nouvelles formes d'analyse. Pour cela, il est absolument nécessaire de reconnaître le rôle central de l'appareil militaire et des bureaucraties d'entreprise.

Nations

Une conséquence remarquable de la Seconde Guerre mondiale – même si les Nations unies tentent de la tempérer et s'il y a un partage important des technologies entre alliés – est la volonté de chaque pays, après 1945, de développer en son sein toutes les technologies modernes, principalement

1. Edgerton 2005, Godin 2006, Scranton 2006 et 2011.

dans le domaine militaire. La France humiliée se met par exemple en quête de puissance et de prestige dans le monde de l'après-guerre en cherchant à assurer son indépendance technologique. Thomson-Houston devient ainsi la société Thomson en 1953, libérée de son accord de licence avec GE. La France développe un programme nucléaire, une force de frappe et devient la quatrième puissance atomique en 1960. Elle développe également de nouveaux moteurs à réaction et de nouveaux avions, en particulier sous la Cinquième République¹. Dans le monde entier, de nombreux pays sont pris par la frénésie nucléaire et la volonté de fabriquer leurs propres avions à réaction. L'Argentine développe ainsi un avion de chasse et un programme nucléaire. C'est également le cas de la Suède et de l'Espagne. Les nouveaux États indépendants s'engagent sur la voie de nouveaux techno-nationalismes postimpériaux, comme l'Inde et l'Égypte qui développent leurs propres chasseurs à réaction.

Ces programmes rencontrent bien sûr beaucoup de difficultés. La plupart des nations abandonnent leurs ambitions nucléaires, même si certaines nations rejoignent le cercle des puissances nucléaires, et que certaines cherchent encore à y entrer aujourd'hui. Si pendant un temps un certain nombre de pays fabriquent des avions de chasse, seules quelques puissances restent dans le jeu dans les années 1960 et 1970. La production de moteurs d'avion ne s'étend pas au-delà d'un cercle de puissances clés qui reste très restreint jusqu'à nos jours. Cela est particulièrement frappant dans le domaine des avions gros porteurs civils. En 1960, parmi les six types d'avion de ligne en exploitation dans le monde, un est français (la Caravelle, équipée de moteurs britanniques), un est britannique, un soviétique (le Tupolev 104) et trois sont états-uniens. Il ne reste plus aujourd'hui que deux acteurs majeurs dans le monde en matière de construction aéronautique : les États-Unis et un consortium européen. La Russie ne produit plus que quelques appareils et la Chine et le Japon n'ont pas percé sur ce marché, la société brésilienne Embraer étant l'exception qui confirme la règle². Dans le domaine nucléaire, des programmes nationaux ou à caractère semi-national de développement de la bombe se développent plus tard, avec des avancées majeures en Afrique du Sud, en Israël, en Inde et au Pakistan. Pour ce qui est de l'énergie nucléaire, le nombre de nations ou d'entreprises capables de produire des réacteurs reste très limité.

Les énormes difficultés à investir ces domaines constituent une raison importante pour collaborer. En Europe, dès la fin des années 1950, il

1. Jacq 1995.

2. Je suis reconnaissant envers Richard Aboulafia pour cette remarque.

est clair que les projets majeurs en concurrence avec les États-Unis ne peuvent être le fait de puissances individuelles (ainsi voient le jour le Concorde franco-britannique, le chasseur franco-britannique, ou encore les avions et les moteurs civils et militaires européens). Il en est de même pour la CECLES (Commission européenne pour la mise au point et la construction de lanceurs d'engins spatiaux) et l'ASE (Agence spatiale européenne) dans le domaine de l'aérospatiale civile, la première étant issue d'un programme de missile britannique qui n'avait aucun futur de manière indépendante.

Le défi du socialisme réellement existant

Il est bien connu que Khrouchtchev affirmait que l'URSS allait dépasser les pays capitalistes, à une époque où beaucoup dans le monde capitaliste pensaient que cela était possible. Aussi étonnant que cela puisse paraître aujourd'hui, le bloc soviétique représente un défi sérieux, militairement et idéologiquement, pour les puissances capitalistes. Son économie se développe rapidement dans l'après-guerre, avec l'industrialisation, l'urbanisation et la formation d'un grand nombre de scientifiques et d'ingénieurs. À la fin des années 1960, l'URSS compte davantage de scientifiques et d'ingénieurs en R & D que les États-Unis. Certains succès comme la première bombe atomique soviétique (1949), le satellite Spoutnik (1957) et le voyage dans l'espace de Youri Gagarine (1961) ont un retentissement mondial, tandis que d'autres réalisations comme la première application du nucléaire pour la production d'électricité (devançant les Britanniques) ou le second avion à réaction (après les Britanniques) ont un moindre écho. Dans les pays occidentaux, de nombreux propagandistes soulignent les succès soviétiques pour justifier l'augmentation des investissements dans l'éducation et la recherche spatiale, ou encore pour promouvoir la planification et les projets dirigés par l'État. La réussite apparente du modèle soviétique sert à légitimer ce type de politique même auprès des anticommunistes. Mais les succès soviétiques sont de courte durée. Au lieu de rattraper son retard, l'URSS se retrouve rapidement à perdre du terrain, ce qui apparaît de manière évidente dans les années 1970. Certains se plaisent à qualifier l'URSS de « Haute-Volta avec des fusées », une expression exagérée mais qui contient une part de vérité. La même chose peut être dite de la Chine communiste des années 1980 ou de la Corée du Nord aujourd'hui. Le fait que le socialisme réellement existant ne puisse concurrencer le monde capitaliste est une question qui a eu une importance historique significative, comme on peut le mesurer

en imaginant ce qui aurait pu être dit si l'Union soviétique avait mieux réussi dans le domaine de l'innovation.

À la question de savoir si le socialisme réellement existant a produit une science ou une technologie spécifiques, on peut certainement répondre par l'affirmative, mais cela a conduit à de terribles pénuries. La RDA a produit des voitures avec des carrosseries en résine, l'Union soviétique a utilisé des soupapes pendant plus longtemps que les États-Unis – mais il ne s'agissait pas là de choix volontaires. La Chine pourrait être un exemple, avec sa politique particulière qui a consisté à utiliser d'un côté de grandes machines d'origine soviétique, et de l'autre de plus petites machines dans les campagnes. Mais ces machines ne lui étaient pas spécifiques et étaient généralement basées sur de vieilles technologies venant de l'Ouest.

Vers la fin des années 1960 et dans les années 1970, la planification centralisée autoritaire de l'Union soviétique se retrouve critiquée depuis une variété de perspectives, non seulement en tant que communisme, mais en tant que « haut modernisme¹ ». L'arrogance de l'expert à l'esprit étroit et du bureaucrate au pouvoir illimité est la cible des critiques dans les pays capitalistes. Elle l'est également pendant la Révolution culturelle chinoise, qui est en partie dirigée contre le stalinisme bureaucratique et les experts. La critique de la technocratie et de la planification vient également d'une nouvelle droite émergente et du mouvement écologiste naissant. Pour nombre de ses opposants, le nucléaire, qu'il soit capitaliste ou socialiste, implique la hiérarchie, le secret, un État policier et des coûts énormes.

Agriculture

Le discours de la modernité se caractérise par un certain mépris et une indifférence vis-à-vis de la petite agriculture paysanne. La production alimentaire doit être organisée sur le modèle de l'usine moderne, à grande échelle, mécanisée. Pendant l'entre-deux-guerres, l'Union soviétique détruit son agriculture traditionnelle par l'établissement forcé d'énormes exploitations agricoles collectives d'État. Celles-ci permettent d'obtenir des gains de productivité, mais paradoxalement moins élevés que ceux de l'agriculture capitaliste à petite échelle, en particulier après la Seconde Guerre mondiale. En effet, l'agriculture d'après guerre est l'objet d'une des transformations à la fois les plus remarquables et les moins documentées

1. Scott 1998.

de l'histoire mondiale. Grâce au soutien des États, aux subventions et à l'investissement dans la recherche et le développement, de nombreux agriculteurs sont en mesure d'augmenter leurs rendements à des niveaux jamais atteints auparavant. Combiné à la mécanisation, le développement des apports en engrais, eau, pesticides, herbicides, et le recours à de nouvelles variétés, sont à l'origine d'une profonde transformation. La productivité du travail augmente comme jamais auparavant. Elle augmente même plus dans l'agriculture que dans l'industrie en Europe. La Grande-Bretagne est un cas exemplaire en ce sens : importatrice de la moitié de son alimentation au milieu du siècle, elle devient autosuffisante dans les années 1980, alors qu'un pourcentage significativement inférieur de la population travaille la terre.

Dans les pays pauvres non communistes, la stagnation de la productivité agricole fait l'objet d'une politique, conduite par des organisations internationales, pour augmenter les rendements à l'hectare sans déplacer la main-d'œuvre. Les clés de cette politique sont l'irrigation et les engrais, ce qui nécessite de nouvelles variétés, dérivées de variétés plus anciennes de l'agriculture intensive orientale. Ce que l'on appelle la « révolution verte » commence comme un processus, encore inachevé, de transformation de l'agriculture pour atteindre des niveaux de productivité approchant ceux des pays riches. Un changement extrêmement important voit le jour en Chine dans les années 1980, où l'inversion du processus de collectivisation, dans de nouvelles circonstances, entraîne des gains de productivité agricole énormes. Sans ces bouleversements de l'agriculture, la formidable industrialisation et l'urbanisation du monde n'auraient pas été possibles.

La révolution néolibérale

La révolution néolibérale qui prit son essor sous les gouvernements Thatcher et Reagan dans les années 1980 fait suite à l'expérience pionnière du Chili des années 1970 (rétrospectivement, le programme des « Quatre Modernisations » en Chine en 1978 doit également être mentionné dans le même cadre). Même si les États ne se désengagent généralement pas de l'économie, de la recherche et de la création de nouvelles industries, il en est tout de même ainsi dans certains cas. La caractéristique essentielle de cette révolution néolibérale n'est pas simplement la privatisation de monopoles et d'entreprises d'État, mais la levée de leur obligation d'acheter des produits nationaux, et leur ouverture à la concurrence, à des degrés divers. La dénationalisation est un élément central de cette révolution. Cela donne lieu à un abandon du volontarisme qui caractérise les politiques

industrielles nationales, avec des conséquences profondes sur les initiatives centralisées de développement de nouvelles technologies nationales au service d'industries nationales. Au Royaume-Uni, la libéralisation et la privatisation de la distribution d'électricité et d'autres services publics affaiblissent sérieusement les industries nucléaire, téléphonique, électronique, informatique et ferroviaire britanniques. Le cas français est par contre bien différent avec le lancement de nouveaux programmes d'État dans ces deux derniers domaines (Minitel et trains à grande vitesse), ainsi que des investissements massifs dans l'énergie nucléaire. La France constitue une exception en étant le pays qui a le plus longtemps maintenu des politiques abandonnées dans un monde de plus en plus néolibéral.

C'est cependant en Chine que se déroule la plus importante révolution néolibérale, même si elle n'est que partielle. À partir des « Quatre Modernisations » de 1978, la Chine transforme son agriculture et son industrie, dont les rendements atteignent des niveaux historiquement inédits. Il s'agit sans doute de la plus rapide révolution industrielle et agricole de l'histoire mondiale. La Chine importe de la technologie mais aussi, contrairement à l'exemple soviétique, du capital étranger, principalement japonais, taïwanais et chinois de l'étranger. Ainsi, l'entreprise taïwanaise Foxconn, qui est la première entreprise manufacturière du monde, possède à Shenzhen, en Chine continentale, la plus grande usine qui ait jamais existé dans le monde, où elle emploie 400 000 ouvriers. Cette usine fabrique des produits Apple pour le monde entier. Néolibéralisme et mondialisation sont intimement liés.

Cependant, dans ce monde néolibéral, les États continuent de financer la recherche de manière importante, avec une part croissante des fonds destinée aux universités. Ce financement est justifié par l'hypothèse selon laquelle cette recherche universitaire fait émerger les industries d'avenir. Cette hypothèse a pour toile de fond une image particulière, qui est celle du succès des entreprises qui ont essaimé à partir des universités états-uniennes dans le domaine de l'électronique et plus récemment dans celui de l'informatique et d'Internet (Microsoft, Google, Apple). L'espoir est que l'histoire se répète, cette fois-ci autour des biotechnologies. En termes de visibilité, le Human Genome Project de la fin des années 1990 et du début du ^{xxi}^e siècle occupe à ce titre une place particulière. Les États-Unis ont dépensé plus de 5 milliards de dollars (de 2010) sur ce projet et maintiennent aujourd'hui les mêmes niveaux d'investissement. Mais les résultats des biotechnologies sont modestes. Des variétés de maïs, de soja et de coton OGM se sont certes rapidement diffusées depuis les États-Unis à partir du milieu des années 1990, avec une croissance remarquable de 10 % par an des surfaces plantées en OGM. Mais cette

évolution essentiellement conduite par le secteur privé états-unien n'a rien d'aussi révolutionnaire dans ses effets que l'augmentation des intrants agricoles au cours des décennies précédentes. Dans le secteur pharmaceutique, les nouveautés biotechnologiques ont un impact minime, et cette industrie reste caractérisée par une innovation exceptionnellement lente et coûteuse, avec des impacts faibles, ou parfois négatifs, sur la santé humaine¹. Les résultats de ces dépenses de recherche sont loin d'être évidents. Malgré un déferlement d'« innovations », il se pourrait bien que l'ère néolibérale ait été une époque de développement technique relativement faible, à l'exception notable des technologies de l'information et de la communication².

La forte continuité de l'activité des États dans le domaine des affaires militaires remet également en cause l'idée (répandue dans les études d'histoire des sciences, mais pas dans celles d'histoire des technologies) selon laquelle nous vivrions dans un monde post-guerre froide. Si le complexe militaro-scientifique soviétique s'est effectivement effondré de manière spectaculaire, rien d'un tant soit peu comparable ne s'est produit dans les pays de l'OTAN, au Japon ou en Chine. Par exemple, après la guerre froide, les dépenses en R & D du département de la Défense des États-Unis ont été chaque année supérieures à leurs niveaux des années 1970.

Malgré toutes les discussions sur la notion de triple hélice, sur l'université entrepreneuriale, ou sur un nouveau mode de recherche universitaire qui serait caractérisé par ses liens avec le monde de l'entreprise et des affaires, les revenus que les universités retirent de la propriété intellectuelle restent modestes. Même les universités les plus inventives restent extrêmement dépendantes des droits d'inscription, des dotations et du financement par l'État, en particulier pour la recherche. On pourrait même dire que les idées avancées sur des universités qui seraient d'un type radicalement nouveau ont simplement été un moyen d'obtenir de l'argent public. Il est aussi révélateur que l'évaluation des chercheurs, des universités et des pays, par la comptabilisation des publications et des citations, soit devenue une opération de routine. Il ne s'agit pas là de néolibéralisme, mais de néobureaucratisme ; il n'existe pas de mesures véritablement convaincantes de l'efficacité réelle, ni même de l'impact économique de la recherche. Mais il y a bien sûr eu un profond changement culturel au sein des universités et entre les étudiants, dans la lignée du tournant néolibéral.

1. Le Fanu 2011.

2. Edgerton 2013, Cohen 2011, Le Fanu 2011, Mirowski 2011.

Il y a de cela une génération, la néolibérale de formation scientifique Margaret Thatcher faisait grand cas de la menace du réchauffement climatique (pour des raisons qui ne sont pas encore évidentes à ce jour), une question qui faisait alors l'objet de beaucoup d'attention et de financements étatiques, ainsi que d'une unanimité remarquable parmi les chercheurs. Pourtant, la recherche sur les nouvelles sources d'énergie et, plus important encore, sur les moyens de lutter contre le changement climatique, se développe très lentement (en effet, au XXI^e siècle, les émissions de gaz à effet de serre continuent de croître, tout comme la consommation de charbon). Cela doit sonner comme un rappel sur une question que nous n'avons pas abordée – à savoir que le monde dans lequel vit la majeure partie de l'humanité est très éloigné du monde auquel nous pensons lorsque nous évoquons les États et la science. Ceci ne veut pas dire que ces mondes ne sont pas concernés par la connaissance, ou par les machines issues de la science moderne, loin de là, mais qu'ils se situent hors des lorgnettes de ceux qui analysent les « politiques scientifiques ». En fait, cette remarque a une portée plus générale : les concepts, les idées et les exemples qui ont droit de cité dans la plupart des récits sur la science et l'État ne saisissent que très partiellement la multiplicité des capacités d'agir, des politiques et des pratiques à l'œuvre.

Traduit par Cyril Le Roy

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CLARKE Sabine, 2012, « Pure Science with a Practical Aim: The Meanings of Fundamental Research in Britain (ca. 1916-1950) », *Isis*, vol. 101, n° 2, p. 285-311.
- COHEN Tyler Cohen, 2011, *The Great Stagnation: How America Ate All the Low-Hanging Fruit of Modern History, Got Sick, and Will (Eventually) Feel Better*, New York, Dutton.
- EDGERTON David, 2005, « "The Linear Model" Did Not Exist: Reflections on the History and Historiography of Science and Research in Industry in the Twentieth Century », in Karl GRANDIN et Nina WORMBS (dir.), *The Science-Industry Nexus: History, Policy, Implications*, New York, Watson, p. 31-57.
- 2007, « The Contradictions of Techno-Nationalism and Techno-Globalism: A Historical Perspective », *New Global Studies*, vol. 1, n° 1, p. 1-32.
- 2013, *Quoi de neuf? Du rôle des techniques dans l'histoire globale*, Paris, Seuil.
- FORMAN Paul, 1987, « Behind Quantum Electronics: National Security as Basis for Physical Research in the United States (1940-1960) », *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, vol. 18, n° 1, p. 149-229.
- GIFFARD Hermione, 2011, *The Development and Production of Turbojet Aero-Engines in Britain, Germany and the United States (1936-1945)*, PhD thesis, Imperial College, Londres.

- GODIN Benoît, 2006, « The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework », *Science, Technology, and Human Values*, vol. 31, n° 6, p. 639-667.
- GUZZETTI Luca (dir.), 2000, *Science and Power: The Historical Foundations of Research Policies in Europe*, Florence, Istituto e Museo di Storia della Scienza.
- HARWOOD Jonathan, 2012, *Europe's Green Revolution and Others Since: The Rise and Fall of Peasant-Friendly Plant Breeding*, Londres, Routledge.
- JACQ François, 1995, « The Emergence of French Research Policy: Methodological and Historiographical Problems (1945-1970) », *History and Technology*, vol. 12, n° 4, p. 285-308.
- KRIGE John, 2006, *American Hegemony and the Postwar Reconstruction of Science in Europe*, Cambridge (MA), MIT Press.
- KRIGE John et BARTH Kai-Henrik (dir.), 2006, « Global Power Knowledge: Science and Technology in International Affairs », dossier thématique d'*Osiris*, n° 21.
- LE FANU James, 2011, *The Rise and Fall of Modern Medicine*, Londres, Abacus, 2^e éd.
- MCDUGALL Walter A., 1985, *The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age Race*, New York, Basic Books.
- MIROWSKI Philip, 2011, *Science-Mart: Privatizing American Science*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- PESTRE Dominique, 2003, *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, Paris, Quæ.
- SARAIVA Tiago et WISE M. Norton (dir.), 2010, « Autarky / Autarchy: Genetics, Food Production and the Building of Fascism », *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 40, n° 4, p. 419-600.
- SCOTT John, 1998, *Seeing Like a State: How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, New Haven (CT), Yale University Press.
- SCRANTON Philip, 2006, « Technology-Led Innovation: The Non-Linearity of US Jet Propulsion Development », *History and Technology*, vol. 22, n° 4, p. 337-367.
- 2011, « Mastering Failure: Technological and Organisational Challenges in British and American Military Jet Propulsion (1943-1957) », *Business History*, vol. 53, n° 4, p. 479-504.
- SIDDIQI Asif, 2000, *Challenge to Apollo: The Soviet Union and the Space Race (1945-1974)*, NASA History Office.
- THOMAS William, 2015, *Rational Action: The Sciences of Policy in Britain and America (1940-1960)*, Cambridge (MA), MIT Press.



4 Une manière industrielle de savoir

JEAN-PAUL GAUDILLIÈRE

En janvier 2011, l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS) publiait un rapport qui faisait le bilan d'une enquête conduite en un temps record par trois de ses membres et qui portait sur le Mediator, une préparation de benfluorex inventée et commercialisée depuis 1976 par la firme pharmaceutique Servier¹. La raison pour laquelle l'IGAS avait été chargée d'une telle enquête était le scandale public suscité par la révélation, à l'automne 2010, que la prescription de Mediator était sans doute, selon les évaluations faites par quelques cardiologues et épidémiologistes, responsable du décès de 500 à 2 000 patients.

Depuis son introduction sur le marché, le Mediator avait officiellement été vendu comme moyen de réduire la charge lipidique chez des patients atteints de diabète ou d'un fort excès de lipides sanguins. Le Mediator était toutefois une innovation contestée. Depuis le milieu des années 1990, comme le rappelait le rapport de l'IGAS, des critiques, incluant non seulement les éditeurs de la revue *Prescrire* mais aussi des responsables de l'Assurance maladie, s'étaient manifestées, soulignant que la consommation de Mediator allait bien au-delà du cercle des patients relevant des indications officielles mais concernait nombre de personnes en surpoids chez qui la molécule de Servier était utilisée comme produit anorexigène.

De fait, le rapport de l'IGAS dressait un réquisitoire sévère à l'encontre du système français de régulation de la pharmacie. D'une part, les autorités de contrôle du médicament avaient ignoré les signalements de décès susceptibles d'attirer l'attention sur la dangerosité du Mediator. D'autre part, pour les inspecteurs de l'IGAS, ce produit n'aurait jamais dû être mis sur le marché. Pour étayer ce jugement, le rapport mettait en avant deux registres de problèmes. Le premier était que, depuis la première

1. IGAS 2011.

◀ La synthèse organique aux commandes de l'invention de médicaments. Le laboratoire de chimie de Geigy à la fin des années 1950.

demande d'autorisation de commercialisation, Servier avait toujours insisté sur le fait que le benfluorex était une substance innovante, un produit sans rapport avec les « coupe-faim » que la firme avait produits dans les années 1970 et finalement retirés du marché du fait de leur appartenance au groupe des amphétamines, une classe de substances progressivement interdites à cause de leurs effets secondaires et addictifs. Le marketing massif de Servier auprès des médecins avait ainsi systématiquement opposé le benfluorex et ses homologues chimiques et pharmacologiques. Le second registre de problèmes était le manque de moyens des agences de régulation, la multiplication des situations de « conflit d'intérêts » qui avaient facilité l'acceptation des arguments et des données utilisés par Servier pour mettre en balance des risques sanitaires jugés marginaux et les bénéfices socio-économiques résultant de l'activité d'un fleuron de la pharmacie française.

L'affaire du Mediator est intéressante non seulement parce qu'elle a suscité un débat sur les dispositifs d'expertise mais aussi parce qu'elle met en cause l'organisation capitaliste de la recherche thérapeutique. Pour qui accepte de prendre un peu de distance avec le point de vue rétrospectif des inspecteurs de l'IGAS considérant que le benfluorex *est* une amphétamine et n'aurait pas dû, *d'un point de vue pharmacologique*, être autorisé, ce qui est en jeu dans la trajectoire du Mediator est une certaine organisation de la recherche, centrée sur les divisions de « R & D » internes aux entreprises, laquelle domine le secteur du médicament depuis la Seconde Guerre mondiale.

Ce régime n'est pas propre au domaine de la santé. La pharmacie compte, avec la chimie organique, l'électricité ou l'électronique, parmi les secteurs de haute technologie que l'historiographie a retenus comme exemples de l'émergence, au xx^e siècle, de la recherche d'entreprise. La figure du chercheur industriel est en effet une création récente, sans équivalent au xix^e siècle ; du moins si l'on prend soin de distinguer la recherche industrielle de l'existence de collaborations et échanges entre universités et entreprises, lesquelles ont une histoire aussi longue que celle des institutions académiques¹.

Cette apparition du chercheur industriel est généralement illustrée par l'histoire des laboratoires propres à de grandes firmes ou par les chiffres collectés par des États qui, à partir des années 1930, ont fait de la capacité de recherche industrielle, c'est-à-dire de l'ampleur des investissements humains et financiers de « R & D », un enjeu stratégique, la condition de la sécurité nationale, de la croissance économique et du progrès social.

1. Shapin 2008.

Un des meilleurs exemples de cette littérature sur l'internalisation des pratiques de recherche est l'analyse de la trajectoire des laboratoires de recherche de General Electric et de la Bell proposée par Leonard Reich dans *The Making of American Industrial Research*¹. Celui-ci met tout particulièrement en lumière l'importance des questions de propriété intellectuelle, le rôle de « personnalités » hybrides ayant une carrière académique et une expérience d'ingénieur, les fonctions de « service » pour le reste de l'entreprise, et le fait que la croissance de ces laboratoires a donné les moyens d'une fondamentalisation des investigations. Des dynamiques similaires ont été mises au jour pour DuPont², Kodak³ ou BASF⁴.

L'ambition de ce chapitre est de revenir sur les conditions d'apparition et les tensions propres à cette « manière industrielle de savoir ». Mais il s'agit aussi de prendre en compte les transformations récentes qui conduisent nombre d'observateurs de l'innovation scientifique et technique à conclure que le modèle de l'usine à chercheurs, si ce n'est la science industrielle, a fait son temps, remplacé par une nouvelle « économie de la connaissance »⁵. En d'autres termes, il s'agit de savoir dans quelle mesure le régime de la R & D « interne » n'a pas été une parenthèse, une forme de gouvernement des savoirs indissociable des « Trente Glorieuses », indissociable d'une l'économie politique issue de la Grande Dépression et qui a réglé les rapports entre État, entreprises et marchés durant l'après-guerre. Pour cela, on partira de ce que les travaux récents sur la pharmacie nous disent du modèle de la R & D d'entreprise, de son fonctionnement et de son futur.

R & D et *screening* pharmaceutique : une science au service de la construction de marchés

Souvent mise en parallèle avec la trajectoire des entreprises de l'électricité, l'histoire des firmes de la chimie qui ont, comme Bayer, pénétré le monde du médicament est à l'origine d'un scénario spécifique opposant première et seconde moitié du xx^e siècle.

Avant guerre, le monde de la pharmacie est un monde de professionnels et de petites entreprises. De professionnels parce que la pharmacie est, comme la médecine, une profession libérale, organisée autour de la

1. Reich 1985.

2. Hounshell et Smith 2000.

3. Jenkins 1975.

4. Abelshauser 2001.

5. Kahin et Foray 2006.

possession d'un diplôme et d'un monopole d'exercice. De petites entreprises parce que le médicament, s'il est massivement consommé, relève de l'officine (où sont élaborées les préparations magistrales, à la demande du médecin et selon les recettes du Codex apprises sur les bancs de la Faculté) ou de la firme de petite taille, dirigée par un pharmacien, fabriquant quelques spécialités prêtes à l'emploi, combinaisons de substances répertoriées dans le Codex ou innovations plus radicales mais aux compositions secrètes. Après 1945, le paysage bascule : la pharmacie devient un secteur industriel en prise sur un marché de masse, à forte intensité de R & D¹. Changement d'échelle, standardisation, capacités organisationnelles et mobilisation de la chimie sont alors considérés comme les raisons du succès de la « révolution thérapeutique² » mais aussi comme l'explication des liens entre ce système et le contexte de la grande « corporation » à l'origine du *screening* comme méthode d'invention de nouveaux médicaments.

Plus précisément, l'historien John Lesch a relaté comment, dans les années 1920 et 1930, Bayer a réinventé ses dispositifs de recherche interne pour adopter le *screening*³. Il décrit ainsi comment, sous l'égide de Gerhard Domagk, la compagnie a organisé une quête systématique et planifiée de nouvelles molécules cliniquement actives et commercialement viables. Le cœur de ce *screening* première manière était la conjonction entre une vaste infrastructure chimique employant des dizaines de techniciens et docteurs en charge de la synthèse à grande échelle de molécules organiques, et un laboratoire de pharmacologie où biologistes et pharmaciens multipliaient les tests sur un petit nombre de modèles animaux standards. L'originalité du système de Bayer tenait moins à cette conjonction qu'à l'échelle et à l'organisation des opérations. Ce dispositif, qui allait déboucher sur la mise sur le marché des premiers sulfamides, était moins une innovation intellectuelle qu'une nouvelle pratique organisationnelle, une « industrialisation » de la recherche pharmaceutique.

L'historiographie récente a mis à mal cette interprétation de deux manières. D'une part en soulignant son caractère téléologique : le résultat (la généralisation du *screening*) est pris comme explication du processus ; d'autre part en rappelant la diversité des formes de savoir et des contextes d'émergence des composés emblématiques de la révolution thérapeutique. Les trajectoires des antibiotiques, des hormones sexuelles, des corticoïdes ou des psychotropes montrent combien il est réducteur de faire de la chimie et de la manipulation des molécules le principal registre de

1. Gaudillière 2007.

2. Weatherall 1990.

3. Lesch 1993 et 2007.

savoirs mobilisés – aux dépens de la clinique ou des savoirs du vivant¹. De même, les trajectoires d'autres firmes comme Schering, Merck ou Hoffman soulignent le caractère graduel et tardif, pas avant les années 1960, de l'introduction du *screening*². Un autre registre d'explication de la priorité donnée à la recherche interne et au *screening* est donc à élaborer.

Une première grille de lecture renvoie aux travaux prenant pour objet l'histoire de produits ou de firmes – par exemple la firme Schering, entreprise d'origine familiale et typique du régime professionnel de la pharmacie. Dans l'entre-deux-guerres, Schering connaît une croissance importante³. Comme nombre de ses concurrents européens, la compagnie s'intéresse aux produits tirés du vivant, en particulier aux préparations hormonales. Elle met sur le marché une palette d'extraits des glandes sécrétrices susceptibles d'une utilisation thérapeutique: insuline tirée du pancréas, extraits de foie, extraits de testicules ou d'ovaires, etc. Dans les années 1920 et 1930, les hormones sexuelles sont les produits phares de Schering qui devient un acteur clé de la transformation des extraits de glandes en stéroïdes, des substances purifiées et caractérisées par leur structure moléculaire, produites par synthèse partielle. Un processus de «molécularisation» a donc précédé et conditionné l'adoption du *screening*.

Contrairement au modèle Bayer, la recherche de Schering n'était pas centrée sur la chimie. L'essentiel des investigations biochimiques sur les hormones stéroïdes a été réalisé par un laboratoire universitaire, celui d'Adolf Butenandt, directeur de l'Institut de biochimie de la Kaiser-Wilhelm Gesellschaft à Berlin et collaborateur de longue durée de la firme⁴. En interne, Schering disposait d'une importante infrastructure de recherche physiologique dont l'origine est à chercher dans les pratiques de standardisation et de contrôle des extraits de glandes, c'est-à-dire dans le traitement industriel de la matière médicale. Les essais animaux destinés à évaluer l'activité des préparations par la mesure quantitative d'un effet sur l'organisme (par exemple la croissance de l'utérus de souris dépourvues d'ovaires pour les hormones œstrogènes) étaient ainsi au cœur de l'activité du laboratoire maison. La «fondamentalisation» des travaux, parallèle à celle évoquée plus haut pour l'électricité, a été portée par la maîtrise de ces outils et s'est initialement faite dans une perspective physiologique, en relation étroite avec un petit noyau de cliniciens à qui Schering confiait l'exploration des propriétés cliniques de ses préparations selon des modalités *ad hoc*. Cela ne veut pas dire que la chimie était

1. Bud 2008, Haller 2012, Healy 1997, Quirke 2008, Ratmoko 2010.

2. Bächli 2009, Bürgi 2011, Galambos et Sewell 1997, Gaudillière 2010.

3. Bartmann 2003, Höllander 1955, Wimmer 1994.

4. Gaudillière 2005.

absente mais que son rôle était de contribuer à l'industrialisation de la préparation : dans un premier temps pour varier les solvants et les conditions d'extraction ; ensuite, lorsque les extraits sont devenus des stéroïdes purifiés, pour trouver de nouvelles matières premières ou en définissant des protocoles de réactions utilisables à grande échelle.

Au milieu des années 1960, cette description n'est plus de mise. Le laboratoire de physiologie a été remplacé par un laboratoire de biochimie, internalisant le type de recherches effectuées par Butenandt, tandis que le laboratoire de chimie a pris la forme d'un département incluant des centaines de chercheurs et techniciens occupés non seulement à l'amélioration des protocoles mais aussi et surtout à la synthèse de molécules nouvelles¹. De plus, comme le montre la diversification des hormones des glandes surrénales en une vaste famille de corticostéroïdes, une véritable planification de la découverte a été mise en place, basée sur la succession linéaire des étapes de *screening* : choix des têtes de série, synthèse des analogues et dérivés, tests d'efficacité sur un petit nombre de modèles animaux, mise à disposition des substances auprès d'un réseau *ad hoc* de médecins partenaires².

Entre les deux configurations, l'affaire de la cortisone a servi de catalyseur à la réorganisation de la R & D. Pour Schering, l'introduction par Merck, en 1947, d'un stéroïde artificiel inventé par ses chimistes hors de toute inférence sur la relation structure / fonction, mais actif dans le traitement des rhumatismes et des processus inflammatoires³, a été vécue comme une crise dont les leçons ont été mises en pratique dès la fin des années 1950. Le succès de la cortisone suggérait en effet qu'il était possible de construire un marché de masse par la maîtrise d'une molécule obtenue par la mobilisation des seules compétences chimiques, sans input clinique préalable. Comme la pénicilline, la cortisone était un des premiers « blockbusters » de la révolution thérapeutique, mais, à l'inverse de la première dont l'histoire a dû être réécrite pour conforter la saga du *screening*, la seconde n'avait plus d'origine biologique.

Cependant, parce que le *screening* n'est pas l'affaire d'une ou de quelques firmes mais devient bien un modèle général de R & D au cours des « Trente Glorieuses », son histoire ne peut être réduite à une microanalyse de la contingence des inventions ou des cultures locales. D'où un second registre d'interprétation centré sur les transformations à plus large échelle des rapports entre savoirs du médicament et modes de construction des

1. Kobrak 2002.

2. Gaudillière 2013.

3. Rasmussen 2002.

marchés, prenant en compte leur rôle déterminant dans la stabilisation du régime de « l'usine à découverte thérapeutique ». De ce point de vue, les travaux récents ont privilégié trois éléments : la propriété intellectuelle, les régulations administratives, le marketing scientifique.

Un des facteurs rapprochant la pharmacie d'après guerre de la chimie ou de l'électronique est en effet la place croissante prise par le brevet dans l'économie du secteur. Le changement est majeur : jusqu'à la guerre, la plupart des pays européens excluaient le médicament de la sphère de la brevetabilité¹. Les raisons de cette longue exception sont désormais bien connues et tiennent à deux aspects : les considérations de santé publique et la culture professionnelle des pharmaciens². La normalisation du brevet de médicament est aussi indissociable de la généralisation des systèmes de protection sociale qui a relativisé les problèmes d'accès et d'autre part de l'industrialisation de la production qui a éliminé la préparation magistrale. Le passage d'un monde où l'appropriation des agents thérapeutiques passait par la marque, le secret ou le monopole technique à un mode dominé par le brevet a toutefois été nourri par l'évolution des pratiques de recherche interne et a, en retour, changé leur nature.

À partir de la fin du XIX^e siècle, l'exclusion de brevetabilité des substances thérapeutiques n'impliquait pas l'absence complète d'appropriation par brevet. Celle-ci portait toutefois sur les procédures et pas sur les substances : protocoles d'isolement, séquences réactionnelles, procédés de synthèse. S'est ainsi constitué, autour des firmes chimiques et pharmaceutiques, un véritable milieu du brevet associant ingénieurs de production, avocats des services juridiques des compagnies, experts des cabinets de conseil, examinateurs des offices de la propriété industrielle, juges des tribunaux spécialisés. À travers la soumission de demandes étendues de protection ou de dépôts de plainte pour copie illicite, ce milieu a porté un glissement de la jurisprudence du brevet de procédé au brevet de substance³. En conséquence, dès la fin des années 1930, il était devenu monnaie courante de considérer que la production d'une substance dont le procédé de fabrication avait été breveté constituait une infraction au régime de la propriété intellectuelle, mais aussi d'accepter les demandes de brevets sur des agents thérapeutiques, dès lors que les textes ne faisaient pas référence à un usage médical⁴.

L'émergence du brevet de médicament a ainsi été nourrie par la moléculisation, mais elle l'a aussi renforcée. Dès lors que toute composition

1. Gaudillière 2008.

2. Cassier 2004.

3. Pottage 2010.

4. Cassier 2008, Gaudillière 2008.

de matière décrite comme molécule nouvelle du fait de son origine dans les laboratoires était brevetable, investir dans la recherche interne de substances chimiques à action thérapeutique devenait un outil puissant de contrôle et de création des marchés pharmaceutiques. Un nouvel effet de boucle entre formes de savoir et régime de propriété s'est ainsi mis en place, finalement sanctionné par les changements législatifs de l'après-guerre qui mirent formellement fin à l'exemption de brevetabilité¹.

Un second facteur de transformation des rapports entre savoirs industriels et construction des marchés qui a pesé d'un grand poids dans la généralisation du *screening* est le changement des dispositifs de régulation². Dans son acception contemporaine, le modèle du *screening* ne se réduit pas au couplage entre les laboratoires de chimie et de pharmacologie, il inclut l'ensemble des étapes d'essais cliniques des molécules. Ceux-ci sont idéalement divisés en essais de phase I destinés à évaluer la toxicité et les effets secondaires, essais de phase II portant sur l'efficacité thérapeutique par rapport à un traitement placebo, là aussi sur des effectifs limités, et enfin essais de phase III destinés à confirmer les données d'efficacité sur une plus grande population et dans des conditions plus proches de la routine. L'histoire de l'introduction des essais statistiques standards en médecine est bien connue³, en particulier les relations étroites qu'elle entretient avec les réformes du statut légal du médicament et la mise en place du système des agences⁴. La trajectoire de la Food and Drug Administration (FDA) américaine et la réforme de 1962 qui fit pour la première fois des essais contrôlés un dispositif légal font référence en la matière. L'inclusion systématique des essais dans le *screening* tient donc au fait que la mise en œuvre de ces différentes étapes devint une obligation administrative imposée aux compagnies.

Cette lecture mettant en opposition État et marché fait toutefois l'économie du rôle des compagnies dans l'adoption de ces réformes. Dominique Tobbell montre ainsi comment, dans le cas des États-Unis, la participation des grandes firmes et de leur association professionnelle aux nouvelles régulations a très vite remplacé l'opposition au nouveau dispositif⁵. Plus, la réforme américaine de 1962 a été cooptée comme un moindre mal face à ce qui apparaissait, dans les discussions du Congrès américain, comme une menace plus redoutable : un contrôle des prix et une réforme du brevet. Là encore, comme dans le cas des brevets, la régulation a été portée par

1. Chauveau 1999.

2. Gaudillière et Hess 2013.

3. Marks 1997.

4. Carpenter 2010.

5. Tobbell 2012.

la transformation des pratiques de recherche clinique des firmes et elle a en retour consolidé la généralisation du *screening*.

Un bon exemple de cette dialectique est fourni par le cas de la firme suisse Geigy. Dans les années 1950, comme Schering, celle-ci fait réaliser ses évaluations cliniques sur une base peu formalisée : un petit nombre de praticiens hospitaliers sont des associés de longue durée, ils reçoivent toutes sortes de préparations, demandent parfois qu'on leur en fabrique, ils choisissent librement les cibles pathologiques et les conditions de traitement. La principale contrepartie de leur accès aux substances, voire du soutien financier dont ils bénéficient, est une obligation d'information sur les cas cliniques. Dans ce système, la statistique jouait un rôle négligeable. La décennie suivante voit la mise en place d'une autre organisation : création d'une division de la recherche clinique, écriture de protocoles, essais coordonnés d'une même molécule dans plusieurs centres, croissance du nombre de patients, agrégation statistique et finalement organisation de l'évaluation et de la décision en deux phases, l'une toxicologique et l'autre thérapeutique. La standardisation et la « protocolisation » sont ainsi les moyens d'une « internalisation » du contrôle des expérimentations cliniques en lien étroit avec la planification des innovations. Elles participent d'une dynamique interne, gestionnaire, de recours aux essais statistiques. Mais cette évolution est aussi une réponse à la régulation administrative. Dans le cas de Geigy, le problème n'était pas initialement la mise sur le marché en Suisse, en France ou en Allemagne, pays où les critères d'évaluation clinique restaient ouverts, mais l'accès au marché américain.

Quoique réalisés par des praticiens non salariés, dans des hôpitaux et centres de soins extérieurs aux firmes, les essais cliniques massivement développés à partir des années 1970 relèvent de l'univers de la recherche industrielle pour au moins deux raisons. La première est que le changement d'échelle des opérations et le financement par les entreprises du médicament impliquaient une centralisation de l'organisation de l'expérimentation par les divisions cliniques et leurs responsables, médecins le plus souvent. Du choix des cibles jusqu'aux choix de publication (ou non) des résultats en passant par la définition des protocoles, la totalité des décisions importantes sont ainsi devenues des affaires « internes ». La seconde raison est que cette nouvelle composante de la R & D a été intégrée à un dispositif élargi de *screening* et de planification stratégique, un dispositif donnant un rôle décisif au marketing scientifique.

L'essor du marketing après la guerre a en effet profondément modifié la nature de la R & D pharmaceutique. La publicité n'était certes pas un fait nouveau de la pharmacie. Dans les années 1920 et 1930, en France ou en Allemagne, les annonces concernant les médicaments occupaient

la première place dans les différents secteurs de l'industrie. Pour autant, les modalités et cibles de cette publicité ont profondément évolué entre 1930 et 1970¹.

L'émergence du marketing scientifique correspond à un changement des cibles : la publicité par annonce qui portait en majorité sur des spécialités vendues sans ordonnance et visait les patients a cédé la place à un ensemble de médias destinés aux médecins et concernant les produits accessibles seulement par la prescription². En prise sur la professionnalisation du marketing, cette évolution est passée par une refonte des dispositifs de promotion. Priorité a ainsi été donnée à la visite médicale, ce système de représentants disposant d'une formation technique sur les propriétés des produits dont les « visiteurs » assurent la publicisation auprès des médecins. Au sein de firmes comme Bayer ou Geigy, en trois décennies, le nombre des visiteurs est ainsi passé de quelques dizaines à plusieurs milliers. Plus généralement, les campagnes sont devenues des opérations intégrées reposant sur une palette d'outils incluant lettres personnalisées, brochures, reproductions d'articles, invitations à des conférences, produits dérivés, etc.

La croissance rapide des investissements marketing a ainsi mobilisé la science de deux manières différentes. D'une part, le marketing est lui-même devenu une activité de recherche : les divisions en charge de la planification des mises sur le marché ont fait appel aux savoirs des experts du marketing avec leur cortège de données issues de la psychologie, de la sociologie, de la sémiotique et de l'économie de la santé. Mais elles ont aussi mis en place des enquêtes sur les marchés allant bien au-delà du simple suivi des ventes et visant à comprendre l'évolution des pratiques de soin, la sociologie des médecins, leurs comportements de prescription, les attentes des patients / consommateurs. D'autre part, le marketing « scientifique » est devenu scientifique parce que la mobilisation – au sens de mise en forme et en circulation – des résultats de la recherche a acquis une place centrale dans les argumentaires de promotion destinés à influencer les pratiques de prescription.

Une conséquence majeure de ces déplacements a été l'intégration des essais cliniques et du marketing dans une perspective de prévision, à moyen terme, de l'innovation et de la construction des marchés. La notion de « cycle de vie » dont l'usage s'est généralisé dans les années 1960 en est un bon marqueur³. Issue de l'utilisation par les profes-

1. Gaudillière et Thoms 2013.

2. Tone et Siegel Watkins 2007, Greene et Siegel Watkins 2012.

3. Thoms 2014.

sionnels du marketing des concepts de la cybernétique, celle-ci met en avant le caractère provisoire des produits, leur obsolescence inévitable et la nécessité d'un recours continu à des nouveautés. L'intégration de la recherche clinique et du marketing a ainsi fait émerger une nouvelle figure de chercheur industriel avec ces médecins engagés au long cours dans le montage, l'évaluation et la publicisation des essais. Elle a aussi créé des effets en retour par lesquels les potentialités du marché, telles qu'évaluées par les services de marketing, ont non seulement porté à la diversification par les départements de chimie et de pharmacologie de certaines classes de molécules mais aussi poussé à la redéfinition, sous l'égide des firmes et de leurs campagnes de promotion, des frontières de maladies et des besoins de santé¹.

Le cas de la pharmacie est ainsi un excellent révélateur du caractère situé dans le temps du modèle de « l'usine à chercheurs » ainsi que des liens qu'il entretient avec des formes particulières de savoir. Il met aussi en exergue les relations existant entre le régime de la R & D interne et les formes d'organisation et de régulation du capitalisme « fordiste² ». Ce dernier associe en effet deux grandes configurations institutionnelles : d'une part la grande entreprise visant la production de masse, les économies d'échelle et privilégiant l'organisation en divisions ; d'autre part le système de protection sociale assurant une redistribution (limitée) de la richesse alors conçue comme garantie de la croissance. Dans ce contexte, la planification (entendue comme intervention économique à l'échelle nationale et visant une anticipation de moyenne durée) a été une pratique publique tout autant que privée. C'est elle qui, pendant un demi-siècle, a fourni son *substratum* à une recherche industrielle mimant les pratiques académiques et celles des États. Dans ce contexte, la production de connaissances était un outil essentiel de construction des marchés, comme source de nouveaux produits mais aussi, et peut-être surtout, en tant qu'outil de régulation économique.

La fin de l'usine à chercheurs ? Le chercheur entrepreneur et l'économie « de la connaissance »

Au cours des années 1990, les lecteurs de *Science* ou de *Nature* ont commencé à voir apparaître de nouvelles figures de savants – des personnalités dont on pouvait suivre la réussite comme dirigeants d'entreprise

1. Greene 2007.

2. Aglietta et Boyer 1976.

dans les articles de *Business Week*, *The Economist* ou du *Wall Street Journal*. Si Bill Gates avec la trajectoire de Microsoft est, par le nombre d'articles et de livres qui lui ont été consacrés, la plus visible de ces figures de chercheur entrepreneur, le cas du biochimiste Craig Venter est tout aussi central.

Chercheur des Instituts nationaux de la santé (NIH) américains, Venter quitta en effet l'institution publique en charge de la coordination du programme de séquençage du génome humain en 1997 dans le cadre d'une polémique concernant à la fois les modalités techniques pour augmenter la productivité du décryptage de la structure moléculaire des chromosomes humains et l'opportunité de breveter les fragments de gènes, aux fonctions inconnues, alors utilisés pour l'analyse à haut débit de l'ADN. Suite à son départ, Venter prit la direction de sa propre firme de biotechnologie Celera (financée par la compagnie d'instrumentation Perkin Elmers) dont la raison d'être était la poursuite de recherches génomiques du double point de vue de la mise au point des automates de séquençage et de l'identification de gènes susceptibles de jouer un rôle intéressant en agriculture ou en médecine. En 2001, la présentation officielle de la structure (presque) complète « du » génome humain consacrait la réussite de Celera puisque Craig Venter et Francis Collins, le directeur des NIH, y étaient associés pour célébrer la fin du programme et les mérites de la collaboration entre secteur public et recherche biotechnologique privée.

Cette figure est *a priori* un contre-modèle du savant de l'usine à chercheurs. Incarnant la créativité individuelle, le caractère imprévisible des innovations radicales, la rupture avec les grandes organisations, « le » chercheur entrepreneur (en la matière il n'y a pas de « la ») poursuit son activité aux frontières de l'Université et du business, apportant des réponses concrètes à l'enlisement bureaucratique des « usines à chercheurs » et à la crise de la R & D planifiée.

Sociologues et économistes de l'innovation renvoient cette nouvelle incarnation des liens entre sciences, innovation et industrie à l'émergence d'une économie dite de la connaissance caractérisée par la conjonction de trois éléments: 1° de nouveaux registres de savoir; 2° la création de petites entreprises (start-up) se consacrant essentiellement ou exclusivement à la recherche; 3° un financement par le capital-risque et une valorisation précoce des résultats par la création de droits de propriété intellectuelle. Cette économie a pris son essor dans les années 1980 autour de deux secteurs: les technologies de l'informatique et les biotechnologies bénéficiant d'investissements en croissance exponentielle pour l'essentiel collectés par le biais de marchés boursiers spécialisés. Ce qui justifie l'idée d'un nouveau modèle est que la création de firmes de recherche

est devenue une pratique (assez) courante des chercheurs universitaires (particulièrement aux États-Unis) et qu'elle est entretenue par un puissant mouvement d'externalisation de la R & D des grandes entreprises. À partir de la fin des années 1980, RCA, AT & T, Westinghouse, Hewlett-Packard, IBM, Hoffmann-La Roche, Merck et bien d'autres commencèrent à réduire la taille de leurs plateformes de recherche pour favoriser la constitution d'un réseau de firmes partenaires : des firmes chargées des étapes les plus expérimentales de la R & D, mobilisant des chercheurs académiques aussi bien que leurs propres employés et productrices de brevets plutôt que de biens¹.

Pourquoi une telle évolution ? Une première réponse fait écho au discours des chercheurs entrepreneurs et met en avant l'épuisement des capacités d'innovation de la recherche industrielle d'après guerre. Le cas de la pharmacie est là encore emblématique en ce que la notion de « crise de l'innovation thérapeutique » y est, depuis une décennie, une question débattue publiquement. Celle-ci est associée à la réduction depuis les années quatre-vingt-dix du nombre de nouvelles molécules bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché ; à l'augmentation des coûts moyens de la recherche préalable à cette mise sur le marché ; et à la multiplication des retraits après introduction en clinique du fait d'événements indésirables reconnus comme non maîtrisables ou d'un échec commercial dans un contexte de concurrence renforcée et de montée de l'évaluation économique du « service médical rendu ». Pour les industriels, cette crise est d'abord la conséquence du durcissement des régulations administratives, de la généralisation des essais cliniques et de l'adoption, par les agences, des exigences de la médecine dite « des preuves ». Pourtant, si l'on considère la situation à la FDA, la chronologie des autorisations et leurs coûts sont loin de renforcer cette lecture². Alors que le nombre des mises sur le marché est resté relativement stable depuis les années cinquante, les sommes de R & D investies n'ont cessé de croître sans que les changements de la réglementation (réforme de 1962 comprise) ne pèsent sur la tendance. Ce qui semble en cause est donc moins l'organisation administrative du marché que la productivité décroissante du *screening* et les dynamiques propres au régime de l'usine à chercheurs.

Cette idée « schumpéterienne » d'un régime d'innovation arrivant à épuisement a fortement contribué au boom des biotechnologies. En effet, contrairement à la situation qui avait présidé aux investissements

1. Buderl 2002.

2. Munos 2009.

en recherche pharmaceutique de l'après-guerre ou dans le domaine du logiciel et de la micro-informatique dans les années 1980 et 1990, les biotechnologies du gène n'avaient aucun produit thérapeutique nouveau à offrir. La thérapie génique tout comme les applications médicales de la génomique autres que l'amélioration des diagnostics de risque étaient une pure promesse¹. Sans la confiance des grandes entreprises du médicament, la multiplication des start-up, leur financement par le capital-risque, la mise en place de partenariats scientifiques et financiers complexes auraient été beaucoup plus difficiles. La crédibilité de la promesse biotechnologique a ainsi bénéficié d'une conviction interne à la pharmacie selon laquelle la connaissance des macromolécules biologiques, de l'ADN et des protéines était LA voie de renouvellement du *screening* car elle permettrait l'identification de nouvelles cibles.

Ces liens croissants entre grandes entreprises de la pharmacie et start-up de biotech s'inscrivent dans le phénomène plus général d'externalisation de la recherche sur le médicament. Un exemple parlant est fourni par la diversification des Contract Research Organizations (CRO)². Leurs fonctions peuvent être très diverses : fourniture d'articles clés en main et suivi des processus de publication ; expertise et montage de dossiers de propriété intellectuelle ; organisation d'essais cliniques et préparation des demandes d'autorisation de mise sur le marché. Une part essentielle de l'activité des divisions médicales se trouve ainsi transférée à des firmes spécialisées. Cette externalisation est généralement interprétée comme la conséquence d'un processus de « rationalisation » visant à la réduction des coûts. La gestion externe transfère la construction des réseaux de collaboration hospitaliers, le recrutement des patients ou la collecte des données à des entreprises spécialisées dans la gestion de pools de praticiens et de populations cibles. Les CRO remplacent donc les services hospitaliers et, à la différence de ces derniers, elles n'ont que très peu d'autonomie financière et partagent la même culture managériale que les industriels donneurs d'ordre. Et comme l'a souligné Philip Mirowski, l'ampleur du recours aux CRO n'est pas indépendante des transformations de la recherche académique et de sa « commercialisation »³.

Au-delà de l'industrie pharmaceutique, l'érosion du régime de l'usine à chercheurs renvoie aux critiques des départements internes des firmes, lesquels auraient cultivé une forme de « retranchement » les faisant ressembler à des départements académiques. Transformation des divisions

1. Martin 1999, Martin et Hedgecoe 2003.

2. Mirowski et Van Horn 2005, Sismondo 2009.

3. Mirowski et Sent 2006.

de recherche en unités financièrement autonomes, contrats ciblés avec des start-up et des universités, évaluation de la productivité, renforcement de la propriété intellectuelle : les mêmes solutions semblent avoir été promues pour réformer la R & D « classique ». Le degré de généralisation du modèle du chercheur entrepreneur en dehors des secteurs emblématiques de « l'économie de la connaissance », par exemple dans des secteurs à forte intensité de R & D comme l'automobile ou l'aéronautique, reste toutefois une question ouverte.

La nouvelle économie de la connaissance semble donc participer de la stabilisation d'un autre régime de régulation du capital et des marchés, à partir des années 1980. Sans entrer dans une discussion détaillée des nouvelles pratiques de gestion, il faut d'abord souligner combien le gouvernement des entreprises a changé par rapport au modèle « chandlerien » de la grande firme organisée en divisions fonctionnelles et pratiquant l'intégration verticale. L'externalisation, la flexibilisation des tâches, la mise en avant de la variété, des effets de niche, de la production *just in time*, tout autant que les délocalisations industrielles, ont contribué à la mise en place d'organisations privilégiant l'entreprise réseau et le fonctionnement par « projet¹ ».

Outre ces dynamiques propres à l'organisation de la production, d'importantes reconfigurations institutionnelles ont précédé et permis les réorganisations de la recherche interne. Dans le contexte américain, les années 1980 ont ainsi vu la conjonction de trois initiatives politiques visant à faire de l'État moins un entrepreneur de recherche que l'activateur des nouveaux marchés de la connaissance : 1° la transformation du Nasdaq en marché boursier de l'innovation ; 2° l'adoption du Bayh-Dole Act ; 3° l'élargissement par l'USPTO de la sphère de la brevetabilité.

Le Nasdaq est apparu dans les années 1960 comme second marché électronique initialement destiné à faciliter les cotations et à améliorer leur transparence. Sa nature a changé avec les réformes qui ont réorganisé les transactions sur les marchés financiers (Security Exchange Act). Le tournant des années 1980 a consisté à permettre la cotation sur le Nasdaq de firmes dont l'équilibre financier n'était pas un acquis mais était une perspective assise sur leur potentiel de croissance². Les nouvelles règles ont ainsi permis que des compagnies sans revenus liés à la vente de produits ou à la fourniture de services (typiquement le cas des start-up) puissent faire appel au capital financier dès lors que leurs actifs « tangibles »,

1. Boltanski et Chiapello 1999.

2. Coriat 2003.

lesquels incluent brevets, marques déposées et droits d'auteurs, sont jugés suffisants.

Avec le Bayh-Dole Act de 1980, les universités ont été autorisées à octroyer aux entreprises des licences exclusives sur des brevets prenant appui sur des résultats de recherches financées par des fonds publics fédéraux¹. Cette réforme a eu d'autant plus d'impact qu'elle s'inscrivait dans une série de mesures qui, au long des années 1980, avaient déjà facilité la commercialisation de la recherche militaire ou émanant des laboratoires nationaux. D'une façon générale, la politique fédérale d'après guerre qui visait à limiter l'appropriation par l'octroi de licences non exclusives ou même (dans le cas de la politique antitrust) de licences obligatoires a été abandonnée².

L'évolution la plus décisive pour la création d'un véritable marché des produits de la recherche a finalement été l'extension de la brevetabilité à d'autres entités : gènes, cellules, animaux, logiciels, *business models*³, etc. Comme dans les années 1930 pour le médicament, le déplacement des normes est moins passé par la loi que par la jurisprudence, l'écriture de guidelines et les pratiques d'entreprises. Particulièrement spectaculaire dans le cas du vivant (un brevet de gène protège aujourd'hui une invention qui n'est rien d'autre que la structure moléculaire d'un segment d'ADN chromosomique isolé au laboratoire et associé à une fonction biologique garante d'une utilité potentielle), cette évolution est contestée, depuis le milieu des années 1990, par des collectifs de patients, d'usagers, d'agriculteurs ou de cliniciens⁴.

Conclusion

L'émergence de la figure du « chercheur entrepreneur » met en évidence de profondes transformations des relations entre sciences, industrie et marchés. Même si cela implique un certain schématisme, il est intéressant, de façon heuristique, de conclure par une typologie prenant en compte les formes de savoir, l'organisation de la recherche et de la production, les régulations et modalités de construction des marchés. Si l'on prend comme fil conducteur les figures dominantes de savants aux prises avec l'industrie, on peut avancer l'idée de trois périodes :

1. Moverly 2004, Washburn 2005, Berman 2008.

2. Mirowski et Sent 2006, Lécuyer (dans ce volume, p. 423).

3. Kevles 2002, Calvert et Joly 2011.

4. Parthasarathy 2010, Gaudillière et Joly 2013.

	Chercheur inventeur	Chercheur industriel	Chercheur entrepreneur
<i>Période de visibilité</i>	<i>1860-1920</i>	<i>1920-1980</i>	<i>1980-</i>
Sites privilégiés de production de connaissance	Universités et ateliers	Laboratoires et divisions de R & D des grandes entreprises	Universités, start-up et <i>contract research organizations</i>
Secteurs emblématiques	Mécanique, électricité	Chimie, pharmacie, électronique	Biotechnologie, informatique
<i>Way of knowing (Pickstone)</i>	Analytique	Synthétique	Moléculaire et interactionniste
Normes privilégiées	Nouveauté Stabilité	Pureté Homogénéité Reproductibilité	Adaptabilité Connectivité et fonctionnement en réseau Gestion des risques
Modèle techno-industriel	Mécanisation Mise au point de produits de référence	Standardisation et planification Économies d'échelle Pipe-line de R & D	Variété et production flexible Collecte et traitement de l'information
Propriété intel- lectuelle et construction des marchés	Marques et brevets de procédés Exploitation directe	Brevets (procédés et substances) comme actifs de négociation (cartels) Marketing scientifique	Brevets étendus (vivant, protocoles) et contrats d'usage comme actifs financiers Branding et marketing des styles de vie
Régulations économiques et sociales	Libre-échange et empires coloniaux	Fordisme et politiques keynésiennes État-nation et « providence »	Néolibéralisme, globalisation et financiarisation État sécuritaire et organisateur des marchés

Inclure dans cette typologie un régime du « chercheur inventeur » dont les *modus operandi* sont illustrés par des trajectoires de savants ou d'ingénieurs comme Pasteur ou Edison vise non seulement à rappeler la longue durée de la science industrielle évoquée en introduction à ce chapitre mais aussi à insister sur le caractère de parenthèse du régime d'après guerre. Par bien des aspects, la figure du chercheur entrepreneur semble renouer avec certaines pratiques du début du siècle. Pasteur n'était-il pas le fondateur d'une start-up de recherche et de production, un savant multipliant les dispositifs de propriété intellectuelle et les contrats pour la réalisation de projets aux frontières de l'acquisition de connaissances, de l'invention de produits et de la réalisation de services ? Il ne s'agit bien sûr pas ici de plaider pour un simple « retour de l'ancien » mais, plus modestement, de saisir à quel point le modèle de la R & D interne a dépendu d'une économie politique alternative aux doxas libérales faisant de l'État l'instrument de libération des marchés.

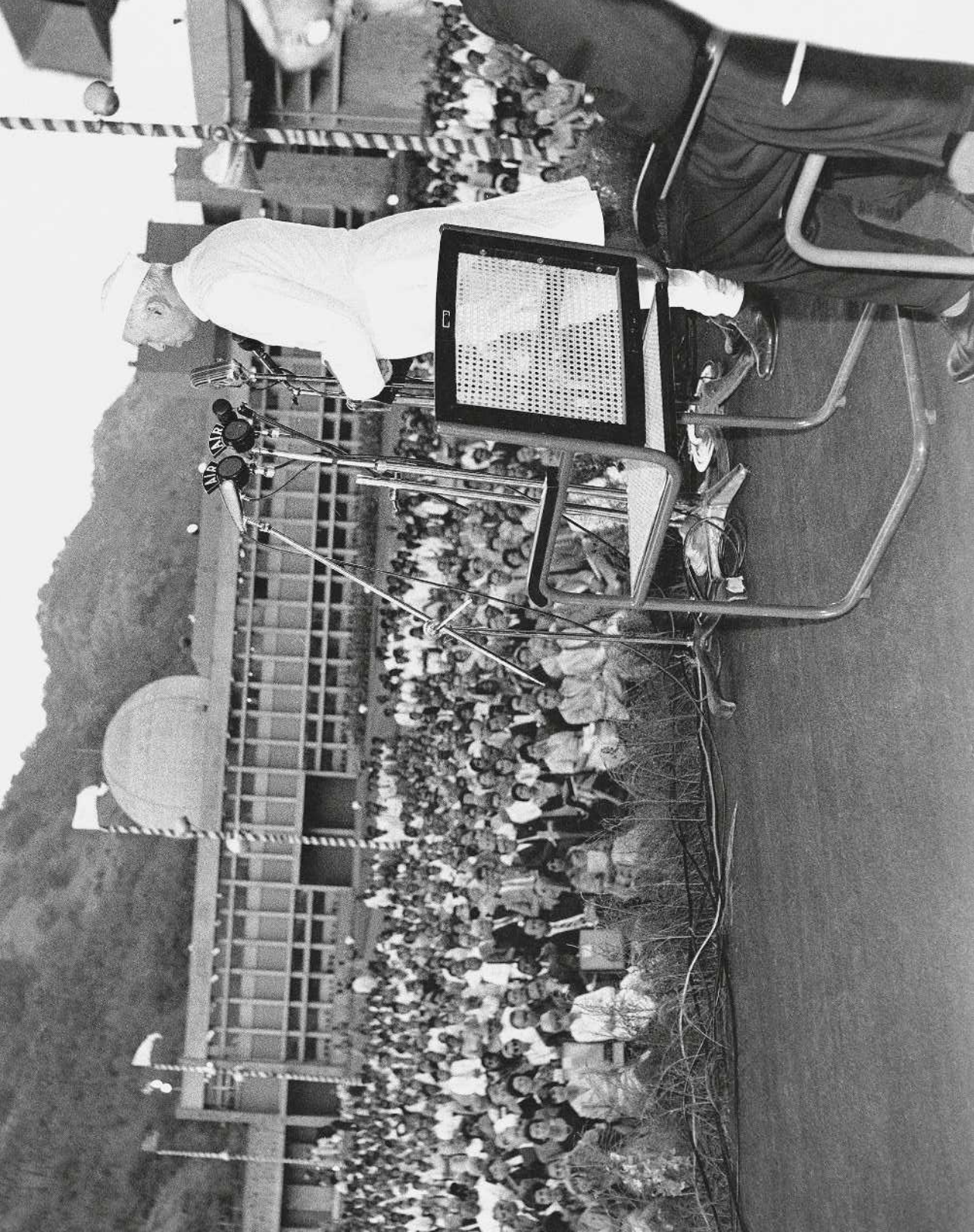
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABELSHAUSER Werner, 2001, *Die BASF. Eine Unternehmensgeschichte*, Munich, C.H. Beck Verlag.
- AGLIETTA Michel et BOYER Robert, 1976, *Régulation et crises du capitalisme. L'expérience des États-Unis*, Paris, Calmann-Lévy.
- BÄCHI Beat, 2009, *Vitamin C für Alle! Pharmazeutische Produktion, Vermarktung und Gesundheitspolitik (1933-1953)*, Zurich, Chronos Verlag.
- BARTMANN Wolfgang, 2003, *Zwischen Tradition und Fortschritt. Aus der Geschichte der Pharmabereiche von Bayer, Hoechst und Schering von 1935-1975*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag.
- BERMAN Elisabeth Popp, 2008, « Why Did Universities Start Patenting? Institution Building and the Road to the Bayh-Dole Act », *Social Studies of Science*, vol. 38, n° 6, p. 835-871.
- BOLTANSKI Luc et CHIAPELLO Ève, 1999, *Le Nouvel Esprit du capitalisme*, Paris, Gallimard.
- BUD Robert, 2008, *Penicillin: Triumph and Tragedy*, Oxford, Oxford University Press.
- BUDERI Robert, 2002, « The Once and Future Industrial Research », in Albert TEICH (dir.), *Science and Technology Policy Yearbook*, Washington (DC), AAAS.
- BÜRGI Michael, 2011, *Pharmaforschung im 20. Jahrhundert. Arbeit an der Grenze zwischen Hochschule und Industrie*, Zurich, Chronos Verlag.
- CALVERT Jane et JOLY Pierre-Benoît, 2011, « How Did the Gene Become a Chemical Compound: The Ontology of the Gene and the Patenting of DNA », *Social Science Information*, vol. 50, n° 2, p. 157-177.
- CARPENTER Daniel, 2010, *Reputation and Power: Organizational Image and Pharmaceutical Regulation at the FDA*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- CASSIER Maurice, 2004, « Brevets pharmaceutiques et santé publique en France », *Entreprise et histoire*, n° 36, p. 29-47.
- 2008, « Patents and Public Health in France: Pharmaceutical Patent Law

- in-the-Making at the Patent Office between the Two World Wars», *History and Technology*, vol. 24, n° 1, p. 135-151.
- CHAUVEAU Sophie, 1999, *L'Invention pharmaceutique. La pharmacie française entre l'État et la société au xx^e siècle*, Paris, Les Empêcheurs de penser en rond.
- CORIAM Benjamin, 2003, «Does Biotech Reflect a New Science-Based Innovation Regime?», *Industry and Innovation*, vol. 10, n° 3, p. 231-253.
- GALAMBOS Louis et SEWELL Jane, 1997, *Networks of Innovation: Vaccines Development at Merck, Sharp & Dohme & Mullford (1895-1955)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul, 2005, «Better Prepared Than Synthesized: Adolf Butenandt, Schering AG and the Transformation of Sex Steroids into Drugs», *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 36, n° 4, p. 612-644.
- 2007, «L'industrialisation du médicament: une histoire de pratique entre sciences, techniques, droit et médecine», *Gesnerus*, vol. 64, n° 1, p. 93-108.
 - 2008, «How Pharmaceuticals Became Patentable in the Twentieth Century», *History and Technology*, vol. 24, n° 2, p. 99-106.
 - 2010, «Une marchandise scientifique? Savoirs, industrie et régulation du médicament dans l'Allemagne des années trente», *Annales*, vol. 65, p. 89-120.
 - 2013, «From Propaganda to Scientific Marketing: Schering, Cortisone, and the Construction of Drugs Markets», *History and Technology*, vol. 29, n° 4, p. 188-209.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul et HESS Volker (dir.), 2013, *Ways of Regulating Drugs in the 19th and 20th Centuries*, Basingstoke et New York, Palgrave Macmillan.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul et JOLY Pierre-Benoît, 2013, «Crise des brevets de gènes et nouveaux objets d'appropriation. Vers une ontologie biologique de la propriété intellectuelle?», in Frédéric THOMAS et Valérie BOISVERT, *Le Pouvoir de la biodiversité*, Paris, Éd. de l'IRD, p. 115-124.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul et THOMS Ulrike (dir.), 2013, «Pharmaceutical Firms and the Construction of Drugs Markets: From Branding to Scientific Marketing», introduction au dossier thématique de *History and Technology*, vol. 29, n° 4, p. 105-115.
- GREENE Jeremy A., 2007, *Prescribing by Numbers: Drugs and the Definition of Disease*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- GREENE Jeremy A. et SIEGEL WATKINS Elizabeth (dir.), 2012, *Prescribed: Writing, Filling, Using, and Abusing the Prescription in Modern America*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- HALLER Lea, 2012, *Cortison: Wissensgeschichte eines Hormons (1900-1955)*, Zurich, Chronos Verlag.
- HEALY David, 1997, *The Anti-Depressant Era*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- HÖLLANDER Hans, 1955, *Geschichte der Schering AG*, Berlin, Schering AG.
- HOUNSHELL David et SMITH John K., 2000, *Science and Corporate Strategy: DuPont R & D*, New York, Cambridge University Press.
- IGAS (Inspection générale des affaires sociales), 2011, *Enquête sur le Mediator. Rapport définitif*, RM-2011-001P, < <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/114000028-enquete-sur-le-mediator-R> > .
- JENKINS Richard V., 1975, *Images and Enterprise: Technology and the American Photographic Industry*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- KAHIN Brian et FORAY Dominique (dir.), 2006, *Advancing the Knowledge Economy*, Cambridge (MA), MIT Press.

- KEVLES Daniel, 2002, *A History of Patenting Life in the United States with Comparative Attention to Europe and Canada*, Report to European Group on Ethics, Science and New Technology, Bruxelles, Commission européenne.
- KOBRAK Chistopher, 2002, *National Cultures and International Competition: The Experience of Schering AG (1851-1950)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- LESCH John E., 1993, «Chemistry and Biomedicine in an Industrial Setting: The Invention of the Sulfa Drugs», in Seymour H. MAUSKOPF (dir.), *Chemical Sciences in the Modern World*, Philadelphie (PA), University of Pennsylvania Press, p. 158-215.
- 2007, *The First Miracle Drugs: How the Sulfa Drugs Transformed Medicine*, Oxford, Oxford University Press.
- MARKS Harry, 1997, *The Progress of Experiment: Science and Therapeutic Reform in the United States (1890-1990)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MARTIN Paul, 1999, «Gene as Drugs: The Social Shaping of Gene Therapy and the Reconstruction of Genetic Disease», *Sociology of Health and Illness*, vol. 21, n° 5, p. 517-538.
- MARTIN Paul et HEDGECOE Adam, 2003, «The Drugs Don't Work: Expectations and the Shaping of Pharmacogenetics», *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 3, p. 327-354.
- MIROWSKI Philip et SENT Esther-Mirjam, 2006, «The Commercialization of Science and the Response of STS», in *New Handbook of STS*, Cambridge (MA), MIT Press.
- MIROWSKI Philip et VAN HORN Robert, 2005, «The Contract Research Organization and the Commercialization of Scientific Research», *Social Studies of Science*, vol. 35, n° 4, p. 503-548.
- MOWERY David C., 2004, *Ivory Tower and Industrial Innovation, University-Industry Technology Transfer before and after the Bayh-Dole Act in the United States*, Palo Alto (CA), Stanford University Press.
- MUNOS Bernard, 2009, «Lessons from 60 Years of Pharmaceutical Innovation», *Nature Reviews in Drug Discovery*, n° 8, p. 959-968.
- PARTHASARATHY Shobita, 2010, *Building Genetic Medicine: Breast Cancer, Technology and the Comparative Politics of Health Care*, Cambridge (MA), MIT Press.
- POTTAGE Alain, 2010, *Figures of Invention: A History of Modern Patent Law*, Oxford, Oxford University Press.
- QUIRKE Viviane, 2008, *Collaboration in the Pharmaceutical Industry: Changing Relationships in Britain and France (1935-1965)*, New York, Routledge.
- RASMUSSEN Nicolas, 2002, «Steroids in Arms: Science, Government, Industry and the Hormones of the Adrenal Cortex in the United States (1930-1950)», *Medical History*, vol. 46, n° 2, p. 299-324.
- RATMOKO Christina, 2010, *Damit die Chemie Stimmt. Die Anfänge der industriellen Herstellung von weiblichen und männlichen Sexualhormonen (1914-1938)*, Zurich, Chronos Verlag.
- REICH Leonard, 1985, *The Making of American Industrial Research: Science and Business at GE and Bell (1876-1926)*, New York, Cambridge University Press.
- SHAPIN Steven, 2008, *The Scientific Life: A Moral History of a Late Modern Vocation*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- SISMONDO Sergio, 2009, «Ghosts in the Machine: Publication Planning in the Medical Sciences», *Social Studies of Science*, vol. 39, n° 2, p. 171-198.
- THOMS Ulrike, 2014, «Innovation, Life Cycles and Cybernetics in Marketing:

- Theoretical Concepts in the Scientific Marketing of Drugs and Their Consequences», in Ulrike THOMS et Jean-Paul GAUDILLIÈRE (dir.), *Research for Sales: The Development of Drugs Scientific Marketing in the 20th Century*, Londres, Pickering & Chatto.
- TOBBELL Dominique, 2012, *Pills, Power and Policy: The Struggle for Drug Reform in Cold War America and Its Consequences*, Berkeley (CA), University of California Press.
- TONE Andrea et SIEGEL WATKINS Elizabeth (dir.), 2007, *Medicating Modern America: Prescription Drugs in History*, New York, New York University Press.
- WASHBURN Jennifer, 2005, *University, Inc.: The Corporate Corruption of Higher Education*, New York, Basic Books.
- WEATHERALL Miles, 1990, *In Search for a Cure: A History of Pharmaceutical Discovery*, Oxford, Oxford University Press.
- WIMMER Wolfgang, 1994, « *Wir haben fast immer was Neues* »: *Gesundheitswesen und Innovationen der Pharma-Industrie in Deutschland (1880-1935)*, Berlin, Duncker & Humblot.



5 Sciences et savoirs dans l'État développementiste

SHIV VISVANATHAN

Dans l'antichambre de l'ancien dirigeant ghanéen Kwame Nkrumah se trouve, vers 1960, un tableau qui dépeint Nkrumah lui-même se débattant pour se libérer de chaînes immenses. Le ciel est chargé d'orage et d'éclairs, et dans un coin du tableau se tiennent trois hommes blancs : un missionnaire serrant une bible dans ses mains, un homme d'affaires portant un attaché-case et un anthropologue tenant un livre intitulé *Les Systèmes politiques africains*. Cette peinture représente la lutte entre les nouvelles nations émergentes et le colonialisme.

Après la décolonisation, le tiers-monde trouve comme réponse à ces problèmes le « développement ». Mot populaire en biologie et retravaillé pour la politique par Harry Truman, le développement devient un terme couramment utilisé comme synonyme de changement, de progrès, d'innovation¹. La notion d'État développementiste est plus spécifique. Elle exprime d'abord l'idée que le développement fait l'objet d'un geste catalyseur initié par l'État dont il représente l'idéologie et la compétence principale. L'État développementiste institue un contrat social tacite par lequel il justifie son existence en promettant sécurité et développement à ses citoyens. L'État se conçoit comme un projet. La transition du sous-développement au développement devient un domaine dans lequel on fait carrière. La science, c'est-à-dire la science occidentale moderne, est promue agent de changement et objet de politique de la part de l'État. Utilitariste et instrumentale comme en témoigne la notion clé de « transfert de technologie », la science devient le véhicule du développement lui-même illustré par le principe de substitution à l'importation. L'État développementiste se présente ainsi comme un faisceau de perspectives dirigées vers la promesse d'un changement économique. Et si l'on entend le terme

1. Sachs 1992.

◀ Témoin de l'entrée de l'Inde dans la course au nucléaire au lendemain de son indépendance, le Centre Bhabha de recherche atomique fut inauguré le 16 janvier 1961 par le Premier ministre Jawaharlal Nehru.

dans son sens aseptisé, presque tous les mouvements nationalistes du tiers-monde en ont produit, au cours de l'histoire, diverses variantes.

La question de la science et du développement dans le mouvement national indien

L'État développementaliste indien nécessite, pour être compris, d'être mis en rapport avec les débats qui se déroulent au sein du mouvement nationaliste à partir de 1904, année de lancement du mouvement Swadesi (mouvement anticolonial pour « l'autosuffisance », boycottant notamment des produits anglais¹) en réponse à la partition du Bengale par Lord Curzon. Ces débats comportent un volet important et hautement cosmopolite sur la science et la technologie, à la fois comme visions du monde et instruments du changement. Ces débats sont au cœur de l'affirmation du développementisme et en déterminent nombre de caractéristiques. Le nationalisme indien est réflexif et autocritique, particulièrement dans ses analyses sur la science et la technologie. Non seulement il est bienveillant vis-à-vis des Britanniques, mais il fait aussi du nationalisme un terrain pour imaginer le potentiel que l'Occident a perdu ou laissé en sommeil au fond de lui-même. Il oppose à la vision d'un Occident dominant celle d'un Occident vaincu ou devant trouver des alternatives. La science newtonienne doit par exemple rencontrer ses pendants occultes et théosophiques. Les travaux d'Alfred Wallace qui mettent en avant la diversité, et notamment la diversité cognitive, sont tout particulièrement importants pour le mouvement nationaliste². Par ailleurs, l'Occident est perçu comme offrant à l'Inde la possibilité d'incarner cette alternative. Ainsi le nationalisme indien affirme-t-il que l'un de ses projets est de sauver l'Occident de la modernité – une position dont Gandhi, par exemple, est partisan.

Le débat au sein du mouvement nationaliste met aux prises des positions différentes quant à l'avenir et la science.

La première est celle des Swadesi nationalistes qui veulent que la science, la technologie et l'économie, inchangées dans leur élan modernisateur, passent sous contrôle indien. Leur mot d'ordre : « L'acide sulfurique est la marque du progrès. » Les traditionalistes et les gandhiens s'opposent à cette idée. Pour les traditionalistes, les formes artisanales ne doivent pas devenir obsolètes et succomber aux forces de la modernité. Leur principal

1. Sarkar 1973.

2. Wallace 1908.

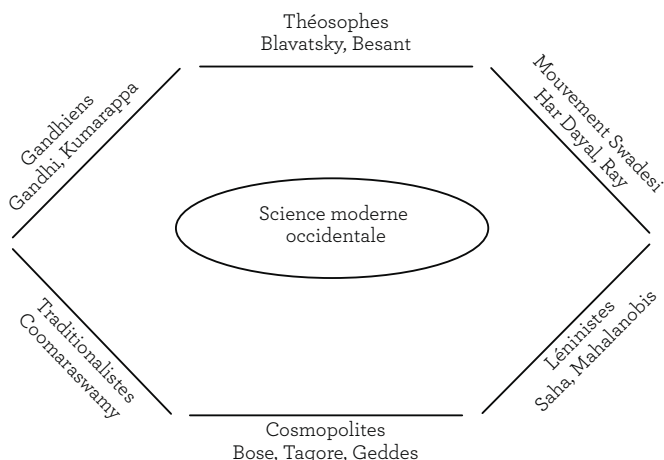


Figure 1 : Six positions sur la science dans le mouvement national indien et ses interlocuteurs internationaux

représentant, le critique d'art et géologue Ananda Kentish Coomaraswamy, invente la notion de société postindustrielle. Ce concept, inspiré de William Morris mais qu'il est le premier à imaginer¹, fait référence à une société où un artisanat socialiste survit aux assauts du mécanisme industriel².

Pour Coomaraswamy, l'industrialisation est un processus monotone et standardisé qui détruit la diversité, fait de l'obsolescence une règle et vide la tradition de toute substance. Il déclare : « C'est quand on supprime le chanteur que l'on préserve la chanson populaire³. » Opposé aux nouvelles teintures synthétiques, il affirme que celles-ci sanctionnent l'hégémonie de l'uniformité et condamnent la diversité des teintures végétales.

Si les traditionalistes remettent en question l'obsolescence, Mohandas Gandhi critique quant à lui, dans son grand manifeste *Hind Swaraj*⁴, à la fois la modernité et la production de masse. Selon lui, le colonialisme transforme les villes en sites administratifs et les villages en cloaques. Il cite l'exemple de la médecine moderne qu'il considère comme un cycle iatrogène – « je mange, je m'empiffre, je prends des médicaments, puis je m'empiffre à nouveau » – lui apparaissant comme une forme d'esclavage.

1. Lipsey 1977.

2. Bien plus tard, Daniel Bell en popularisa une vision différente de la « société postindustrielle », celle d'une société de services dominée par la science : Bell 1973.

3. Coomaraswamy 1981 (p. 74-75).

4. Gandhi 2014 [1909].

Gandhi opère une distinction profonde entre deux échelles, l'une éthique et l'autre cosmique, et deux termes porteurs de vie, le *swadesi* et le *swaraj*. La notion de *swadesi* contient une approche du local où, pour des considérations éthiques et économiques, les produits et matériaux locaux doivent être privilégiés. Le boycott de la machine à tisser auquel Gandhi appelle signale la montée des idées du *swadesi* et un retour à la tradition artisanale. Cependant, chez Gandhi, le swadésisme n'est que l'octave la plus grave d'une tessiture très large. En effet, sans l'ouverture au monde et la libération incluant tous les êtres qu'est le *swaraj*, le *swadesi* n'est qu'un simple esprit de clocher. Gandhi conçoit le *swaraj* sous la forme de cercles océaniques se répandant en spirales à travers la planète entière. Tout système technologique, culturel ou épistémologique doit intégrer en même temps le *swaraj* et le *swadesi*. Vue sous cet angle, la civilisation occidentale est un localisme qui a cherché à s'universaliser¹.

Parmi les autres groupes il y a les cosmopolites, avec Rabindranath Tagore et Patrick Geddes. Tagore est un grand poète à l'esprit universel, profondément intéressé par la science. Geddes est un biologiste écossais devenu urbaniste et éducateur. Dès 1915, dans son livre sur l'évolution des villes, Geddes fait la distinction entre deux industrialismes, le néolithique et le paléolithique². L'industrialisme paléolithique est basé sur la rigidité des machines et l'énergie du charbon. L'industrialisme néolithique, quant à lui, est inventé après l'écologie et la thermodynamique, et est plus ouvert aux processus du vivant. Selon Geddes, ces deux formes d'industrialisme entrent en conflit : l'économie de la feuille rivalise avec l'économie de la mine. De nouvelles cités-jardins représentent l'idée qu'il se fait de la ville néolithique. Patrick Geddes écrit plus de 30 rapports sur les villes indiennes³, et l'on observe aujourd'hui un regain d'intérêt pour ses travaux en écologie urbaine.

Tagore est connu pour sa vision de l'université comme d'une ville en microcosme. L'université occidentale incarne un esprit urbain hostile à la nature, tandis que l'esprit indien en revient toujours à la figure du sage vivant dans la forêt en harmonie avec la nature. Tagore prédit que le dialogue des civilisations est un dialogue entre ces deux universités archétypales – entre l'université-ville de l'Occident et les forêts-universités d'Inde, entre une science qui domine la nature et un système de connaissances qui vit en harmonie avec elle⁴.

1. Sahasrabudhey 1985.

2. Geddes 1993 [1915].

3. Tyrwhitt 1947.

4. Tagore 1913.

Geddes pense que l'on peut combiner ces deux approches. Il voit en effet le système universitaire comme instaurant une écologie de la connaissance à travers le jeu des réactions que suscitent les avis dissidents des écoles. L'émergence de l'université médiévale est pour lui le produit de tentatives visant à réconcilier les doctrines grecques et celles de l'Église. À la fin du xv^e siècle, l'université de la Renaissance renaît à travers l'invention de l'imprimerie et la redécouverte des classiques grecs. L'université germanique créée au xviii^e siècle fusionne le travail des grands encyclopédistes et du système d'examen moderne. L'université allemande contemporaine combine les fonctions de recherche et d'enseignement. Geddes déplore que l'Inde ait choisi comme modèle l'université de Londres, qui a réduit l'exemple germanique à un système d'examens destiné à produire des employés de bureau¹.

Les théosophes n'ouvrent pas seulement la voie au nationalisme mais préfigurent aussi une critique « féministe » de la science qui met en avant le charnel et le potentiel de l'enfance. Leur défense du corps et de la pluralité des idées que l'on peut en avoir se transforme en lutte contre la vivisection et la violence des expériences scientifiques. Le mouvement alimente une certaine idée de l'occulte comme d'un réservoir de métaphores, visions et hypothèses alternatives qui déploie, en défi au monde newtonien, une critique de la nature hégémonique de la science occidentale. Alfred Wallace fait partie des grands scientifiques dissidents et son livre *The Wonderful Century* en est un exemple classique. Le texte s'ouvre sur un éloge de la science victorienne puis offre une préfiguration intéressante du tournant kuhnien. Wallace affirme que toute science, à ses heures de gloire, est susceptible de se montrer dominatrice et de perdre le sens de la diversité comme la perception intuitive du domaine des possibles. Selon Wallace, il est impératif que les scientifiques inventent des alternatives et prêtent l'oreille aux voix dissidentes. Wallace met ces propos en application en considérant avec ouverture la recherche psychique ou les débats sur la vaccination. Ses positions dissidentes ne se cantonnent pas à la science et portent aussi sur l'importance du socialisme et la promotion de l'indépendance de l'Inde, alors sous statut colonial. La dissension et la diversité sont au cœur de sa perspective évolutionniste. Celle-ci est relayée par les théosophes et s'étend à la protection animale, au mouvement des suffragettes, aux nouvelles idées sur le potentiel de l'enfant développées par Maria Montessori². La théosophie n'est pas seulement la préfiguration des critiques féministe et kuhnienne de la science. Elle propose

1. Geddes 1904 (p. 19).

2. Lane 1979.

aussi un cadre d'analyse des différences cognitives en montrant comment des métaphores nouvelles ouvrent des possibilités inexplorées dans l'art (Nicolai Roerich), l'éducation des enfants (Maria Montessori) ou encore la science (Wallace, I.C. Bose). Une grande partie des rêves formulés plus tard au sujet d'une science alternative doivent en réalité beaucoup aux fondations posées par la théosophie¹.

La plupart des mouvements que nous venons de voir prennent parti pour une approche pluraliste ainsi que pour la prise en compte des différences cognitives. Cependant, une forme bien particulière de scientisme triomphe au sein du mouvement national, puis dans l'Inde indépendante, une forme qui offre une vision de la modernité combinant léninisme, planification, science et une certaine approche de l'énergie. Ce discours puise ses origines dans le groupe « Science et culture » et chez son leader, Meghnad Saha².

Saha est un brillant physicien spécialiste de l'ionosphère. Devenu membre de la Société royale britannique dans les années 1920, il rêve d'une société fondée sur la méthode scientifique. Il est poussé à l'action en entendant un jour le parlementaire Kailashnatah Katju proclamer, lors de l'ouverture d'une usine d'allumettes, qu'il s'agit là d'un pas en avant dans l'industrialisation du pays. Exaspéré par une telle confusion, il sent qu'il manque au groupe nationaliste du Congrès une approche systématique de l'industrialisation. Il s'attache à créer une perspective historique en consultant les *Annales de la Société des Nations* et en retire l'idée que les civilisations modernes peuvent être classées en fonction de la quantité d'énergie qu'elles produisent. Selon ce critère, les États-Unis ont un index énergétique de 2 500, tandis que l'Inde plafonne aux alentours de 70. Saha remarque que le seul pays à avoir développé une perspective systématique sur les questions d'énergie est la Russie soviétique.

Il est aussi intrigué par la relation entre les scientifiques et les leaders politiques, et en particulier par celle entretenue par Krzhizhanovsky et Lénine. Ce dernier encourage la création de l'Académie des sciences soviétiques et défend l'idée d'une production de masse. Krzhizhanovsky a l'idée d'Energetika, un index énergétique par pays, et c'est sous son influence que Lénine introduit le slogan « Le communisme, c'est les Soviets plus l'électricité ». Meghnad Saha part alors à la recherche de celui qui pourrait être son Lénine.

Il le trouve en la personne de Subhas Chandra Bose, à l'époque le tout nouveau président du Parlement indien. Saha le rencontre et lui

1. Pour une analyse détaillée, voir Visvanathan 1997 (p. 94-145).

2. Visvanathan 1985.

demande ce qu'il compte faire dans le futur pour l'industrie. Bose reste vague mais n'est pas long à demander son avis à Saha. Celui-ci recommande que soient mis en place un comité de planification nationale, dont Bose approuve la création. C'est également sous l'influence de Saha que le président élu du comité, Visvesvaraya, s'efface pour laisser le jeune Jawaharlal Nehru en prendre la tête. Le dialogue entre scientifiques et politiciens commence.

En 1934, Saha fonde la revue *Science and Culture* et pendant vingt ans, jusqu'à sa mort en 1956, la revue et le réseau *Science and Culture* sont les fers de lance de la planification et de l'industrialisation de l'Inde. Dans son discours au congrès scientifique de 1947, Nehru déclare que l'avenir appartient à ceux qui savent devenir des amis de la science. Il ajoute que les barrages et les laboratoires sont les nouveaux temples de l'Inde, affirmation que l'on peut considérer comme une autre version du slogan de Lénine.

Ainsi, planification et industrialisation deviennent les maîtres mots du développement de l'Inde. Alors qu'il en est l'instigateur et le défenseur, Saha, par ironie du sort, est marginalisé. Seul scientifique élu en toute indépendance au Parlement, il engage une lutte contre le nouveau régime. Après son décès suite à un arrêt cardiaque en 1956, la revue *Science et Culture* sombre dans l'anonymat. Le grand réseau discursif créé autour de la science, de la technologie et de l'économie disparaît alors presque complètement, et un modèle de développement plus classique émerge avec l'indépendance.

Science et développement dans l'Inde indépendante

Le projet de développement indien suit les canons de l'économie conventionnelle et considère la science comme au service du régime. L'Inde devient l'un des rares pays où le développement d'un « tempérament scientifique » est inscrit dans la Constitution, dans le cadre d'une classification hiérarchique implicite. Tout ce qui est à grande échelle, moderne, scientifique est officiel, tandis que la petite échelle et le traditionnel, bien que tolérés, constituent l'économie parallèle. La science est au cœur des formes d'énergie officielles telles que l'électricité et le nucléaire, tandis que la biomasse relève du monde des sociétés de subsistance. La médecine officielle est allopathique, mais des concessions sont faites aux systèmes traditionnels tels que les médecines unani, ayurvédique et siddha¹. L'Inde

1. Srinivasa Murti 1923.

est fière de sa politique scientifique considérée comme symboliquement aussi importante pour le pays que le passeport et le drapeau.

L'État développementiste bat son plein de 1947 à 1975, date à laquelle l'état d'urgence, première période de dictature que l'Inde connaisse, est décrété par la fille de Nehru, Indira Gandhi. Cet ordre nouveau, qui implique la suspension des droits démocratiques, est interprété par le régime comme une crise de l'État développementiste¹ – il semble en effet que des forces externes et des groupes internes soient rétifs au développement. L'épisode développementiste dictatorial donne libre cours non seulement à la violence mais aussi à une forme d'ironie involontaire. Indira Gandhi fait appel à de grands scientifiques pour s'assurer de leur soutien et le régime s'engage dans une lutte contre la pauvreté ciblant les plus démunis. Deux exemples doivent suffire pour montrer l'antagonisme dans lequel il se trouve alors vis-à-vis des pauvres et des marginaux. À Delhi, les projets d'urbanisme entraînent des opérations de démolition massive – qui forcent les pauvres à quitter le centre-ville et à se rendre moins visibles. Les efforts en matière de planning familial s'adressent en premier lieu à des minorités – mais sous la forme de programmes de stérilisation massive. Toutes ces actions sont évidemment faites au nom de la modernité, de la discipline, de la science, mais l'ironie de ces formes de développement échappe au régime.

La période qui suit la cuisante défaite électorale infligée au parti majoritaire voit émerger des mouvements qui contestent l'hégémonie de la science et du développementisme d'État. Le développement comme projet n'a bien sûr jamais cessé d'être sous tension et il semble avoir besoin d'être constamment enrichi, nuancé, humanisé par des adjectifs nouveaux. Ainsi, le développement en Inde est d'abord un développement *communautaire* axé sur la reconstruction et la réadaptation des réfugiés après la partition. Il est suivi dans les années 1960 par le développement *local* qui met l'accent sur les technologies intermédiaires. Les programmes d'industries lourdes portés auparavant aux nues sont maintenant considérés comme inadéquats. Fritz Schumacher, théoricien de la technologie intermédiaire et ancien associé de Keynes, devient conseiller auprès du bureau de la Planification. Son livre *Small Is Beautiful*² est utilisé des côtés tant officiel que non officiel pour défendre l'idée que le développement doit se faire localement et progressivement. Le développement local est transformé de façon éloquente par Brundtland et son idée de développement *durable*. Il est toutefois deux façons de concevoir la durabilité,

1. Visvanathan et Sethi 1998 (p. 45-87).

2. Schumacher 1979 [1973].

dans les pays du Nord et dans ceux du Sud, ce qui donne lieu à des discussions particulièrement vives. La durabilité est en effet reconnue, mais sans avoir intégré la notion de « société du risque » qui fait des incertitudes de la science un élément clé des connaissances. Le développement *humain* comme perspective critique émerge en parallèle au développement durable et inclut les idées de droits, de démocratie et de genre. Chaque qualificatif associé au concept de développement crée donc un épicycle nouveau qui modifie le thème principal – comme si l'on était dans un nouveau monde ptoléméen où des épicycles sont constamment inventés pour sauver le phénomène du développement.

Il faut ici admettre que la critique porte d'abord sur l'hégémonie occidentale, son organisation en centres et périphéries, voire ses suggestions de démocratisation à travers des dispositifs participatifs dans lesquels on demande que les préoccupations écologiques soient intégrées. En ce sens, le discours public habituel relève de l'économie politique, ou des formes que doit prendre « la » démocratie. Les débats soulevés par les mouvements militants et les manifestes alternatifs déplacent largement la chose, notamment du fait qu'ils s'intéressent au cognitif, voire à l'épistémique. La science est mise en question par eux comme système de connaissance *et* comme système de vie. Au-delà de la critique de l'imaginaire du développement, les alternatives (que je vais maintenant considérer) offrent donc, en écho à Castoriadis, des possibilités et futurs beaucoup plus ouverts et décisifs.

Critiques et alternatives militantes, pour un contrat social postdéveloppementiste

Parmi les mouvements qui se confrontent en Inde à la question des savoirs alternatifs se trouvent le mouvement Chipko, qui milite depuis 1973 contre la déforestation, le mouvement d'opposition aux barrages sur la Narmada, les écologistes luttant pour la biodiversité, les mouvements antinucléaires, ceux qui bataillent contre les démolitions massives, ainsi qu'une série de critiques émanant de groupes écologistes, féministes et de défenseurs des droits qui cherchent à développer des rapports neufs entre connaissance et politique. On y trouve aussi des universitaires et activistes tels que Ashis Nandy, Claude Alvares, Ziauddin Sardar, Shiv Visvanathan ou encore Vandana Shiva.

La nature des critiques varie d'un mouvement à l'autre. On peut les organiser de manière conceptuelle en partant d'un axe d'innovation représenté de manière schématique par la succession de trois étapes :

l'invention, l'innovation et la diffusion. L'invention renvoie à l'idée scientifique, l'innovation à la commercialisation initiale de cette idée et sa reproduction à grande échelle à travers des techniques, et la diffusion à la circulation de cette idée à travers la société.

Le mouvement, si on le considère dans son ensemble, aborde les sciences et technologies de différentes manières : le Kerala Sastra Sahitya Parishad (KSSP) et l'expérience Hoshangabad s'attachent à diffuser l'esprit scientifique en organisant des jeux-concours, des pièces de théâtre telles que *La Vie de Galilée* de Bertolt Brecht ou des expériences ludiques pour transmettre le plaisir, l'esprit et la méthode scientifiques. De tels mouvements ne mettent pas la science en question et visent à la faire pénétrer plus avant dans les villages et la population. Les groupes gandhiens ou socialistes cherchent, pour leur part, à créer des technologies à partir de matériaux locaux, et essaient de trouver la bonne échelle. Parmi eux, beaucoup sont partisans de technologies intermédiaires. Le groupe le plus important, ASTRA (Application de la science et de la technologie aux espaces ruraux), est fondé en 1974 à l'Académie indienne des sciences à Bangalore. Une troisième mouvance s'attache aux aspects ésotériques, culturels et nationaux des sciences qu'elle examine sous un angle épistémologique¹. Parmi eux, on retiendra le groupe pour la Science et la technologie de la patrie et du peuple (PPST) fondé en 1978 à Madras, et un laboratoire au sein du Murugappa Chettiar Research Center, centre de recherche indépendant fondé en 1977 à Chennai, Tamil Nadu.

Les travaux de ce dernier et les écrits du réseau « Alternative Science Network » cherchent à établir un cadre théorique permettant d'articuler épistémologie et politique. Ils vont au-delà des prescriptions du modèle de transfert de technologie qui conçoit le Nord comme le centre et la source des inventions et le Sud comme un simple consommateur d'idées. Pour ces groupes, la violence de la science est à chercher dans l'acte même de sa construction et dans le processus de cognition. Ils questionnent l'approche conventionnelle de l'épistémologie comme question de validation et de vérification des connaissances, qui est, pour eux, une manière scolaire de pratiquer la philosophie des sciences. Ils estiment au contraire que la validation des connaissances n'opère qu'à travers les moyens et les conditions d'existence, les cycles de la vie et les styles de vie. Pour eux, un système de savoir ne peut être vérifié que sur la durée et en contexte. Vue sous cet angle, la paix n'est pas seulement la fin des violences ou l'arrêt des hostilités. C'est une attitude non violente

1. Voir Alvares 1980, Nandy 1980, Uberoi 1984, Visvanathan 1997.

ancrée dans le travail, dans les sens et dans le corps, dans la relation que l'on entretient à la nature et à la propriété.

Ces groupes construisent une sagesse et un ensemble d'idées construites dans les luttes et les débats que des intellectuels contestataires ont avec les élites politiques et scientifiques. À travers ces actions se joue la tentative de mieux prendre en compte les groupes informels et marginaux qui luttent pour leur survie. Il s'agit aussi, sous un autre angle, de faire dialoguer deux civilisations en suggérant que des cosmologies alternatives sont susceptibles de donner une vie nouvelle aux sciences. Ces groupes cherchent donc à porter plus loin les controverses antérieures autour des sciences et du développement national en refusant que leur futur soit hypothéqué et déterminé uniquement par les paradigmes de développement en vigueur. Bien que menant leur combat chacun à leur manière, ils partagent la même expérience de résistance et la même base d'idées sur la façon de réinventer la démocratie en lien au débat sur la connaissance.

Ce foyer commun peut être présenté en deux volets, comme un ensemble d'hypothèses et d'idées tacites, d'une part, comme une série de concepts articulés qui composent un cadre de compréhension et un terrain d'entente, de l'autre.

1. Que ce soit de façon tacite ou explicite, tous ces groupes font la différence entre les notions de libération et d'émancipation. Les mouvements nationalistes libèrent leurs pays de l'Occident et créent des États-nations en s'engageant dans des politiques de développement, de transfert de technologie et de substitution à l'importation. Mais les groupes marginaux réalisent que l'indépendance n'est pas suffisante et qu'il faut, pour changer les choses, exorciser tout un ensemble de catégories et de modes de vie hégémoniques. L'émancipation revient ainsi aux racines de la violence sociale développées dans les systèmes de pensée.

2. Ces communautés de pensée ne sont pas antioccidentales ni ennemies des sciences. Elles s'érigent contre les systèmes hégémoniques et s'affirment en faveur du pluralisme et du syncrétisme. Elles cherchent à créer des récits, mythes et systèmes de pensée alternatifs. L'année 1492, par exemple, est réinterprétée moins comme la date de l'avènement de la modernité que comme celle du déclin de l'Occident pluraliste dans lequel Arabes, juifs et chrétiens pouvaient débattre de leurs visions du monde. Ainsi l'autre Occident, l'Occident vaincu et dormant, en vient-il à s'opposer à toute recherche d'alternatives – même si Goethe et Swedenborg sont aussi critiques que Tagore ou le mouvement Bhakti. Comme nous l'avons rapporté, l'un des objectifs du mouvement nationaliste indien est, pour Gandhi, de libérer l'Occident – ce qui ne peut se faire que *via* l'émancipation et le renouveau des connaissances.

3. Pour ces groupes, la portée de l'épistémologie est étendue au-delà de la logique d'expertise, jusque dans la vie ordinaire de la cité. Chaque citoyen est considéré comme détenteur d'un savoir, d'un métier, d'un art de vivre. Ce qu'a dit Coomaraswamy de l'artiste s'applique au citoyen. Selon lui, un artiste n'est pas un type particulier d'être humain – ce qui fait d'un être humain un artiste est la poursuite de sa vocation¹. De la même manière, chaque citoyen est porteur de savoir dans la quête même de ses modes de subsistance. Malheureusement, l'idée que l'État développementaliste se fait du citoyen laisse peu de place aux compétences qui sont requises pour survivre dans les économies parallèles ou marginales. Une grande quantité de savoir-faire et d'aptitudes sont laissés en dehors de la connaissance citoyenne. Le besoin se fait donc sentir d'une classification des connaissances qui puisse reconnaître ces formes comme aussi valides et importantes, au sein d'un monde pluriel, que les savoirs scientifiques.

4. Ces mouvements affirment aussi que, si la science moderne est formelle et constitutionnelle, l'économie informelle et marginale a besoin d'une constitution tacite. Cette idée découle du concept de « connaissance tacite » de Michael Polanyi. Le philosophe et chimiste hongrois estime que le discours formel de la méthode scientifique n'épuise pas le tout des sciences. Celles-ci ont aussi à voir avec des dimensions tacites telles que les silences, l'expression corporelle, les présupposés, les sous-entendus, les gestes. Il est donc besoin de l'idée d'une constitution tacite pour recouvrir les différences de langues, de connaissance, de catégories qui ne sont pas comprises dans le savoir scientifique formel. Une démocratie de la connaissance nécessite d'aller par-delà la science officielle et d'explorer le champ des formes tacites – par exemple les savoirs populaires, traditionnels et ceux du « système D » inscrits en dehors de la rationalité scientifique.

5. L'idée de constitution tacite comme base d'un cadre pluraliste de la connaissance débouche sur une articulation intéressante entre connaissance et justice autour de la notion de justice cognitive. Cette idée a été proposée par l'auteur suite à des discussions menées au sein des mouvements militants².

La visite de chefs de tribu et d'activistes en provenance du Gujarat a tenu lieu d'événement déclencheur. Le Gujarat est l'un des États abritant le plus grand nombre de tribus décriminalisées de l'Inde. L'idée même de tribu criminalisée est un héritage de la période coloniale durant laquelle l'empire raciste et eugéniste classe certains groupes dans la catégorie

1. Coomaraswamy 1956.

2. Visvanathan 2009.

des criminels congénitaux. À la suite de l'indépendance, ces tribus sont officiellement retirées de cette catégorie mais leur statut n'en est pas vraiment changé pour autant. Leurs membres sont la cible continuelle de la police et souvent battus ou assassinés au cours des altercations. Pour eux, la survie est devenue un art. Les activistes qui œuvrent avec ces tribus entament un jour une discussion avec l'auteur. Son travail sur la science et la démocratie les intéresse et ils lui demandent d'organiser un séminaire ou panchayat, une rencontre pour la communauté autour des systèmes de connaissance. Ils veulent établir un dialogue entre la médecine occidentale et leurs guérisseurs traditionnels, entre la médecine ethnique et la psychiatrie moderne, entre leurs *ojhas* et les travailleurs sociaux. Ils savent que leurs membres sont traumatisés par la violence policière, que l'anémie drépanocytaire est endémique et que de nombreuses personnes meurent avant trente-cinq ans. Ils signalent qu'un groupe de chercheurs de l'université Harvard est venu leur rendre visite mais qu'il n'y a pas eu de suites. Les activistes veulent un dialogue mais sans l'idée habituelle de participation promue par la Banque mondiale, ni la hiérarchie entre connaissance experte et connaissance commune. Ils veulent un dialogue entre leurs savoirs et le savoir occidental ou gouvernemental, avec l'idée d'une possible interaction entre les deux.

L'idée de justice cognitive est forgée en réponse à ce besoin, et évoque un terrain épistémique où tous les types de connaissance sont différents mais égaux entre eux. Elle renvoie au droit qu'ont toutes les formes de savoir de survivre et d'innover. Le concept est construit comme un défi à l'hégémonie scientifique mais invite celle-ci à rejoindre le jeu. Prise seule, la science ne produit pas les formes de bien-être que l'on est en droit d'attendre, et les experts du logement, de la santé, de l'agriculture et de l'eau ont besoin de formes de savoir complémentaires.

6. En tant qu'outil de dialogue, la justice cognitive a besoin d'un écosystème plus large. D'abord, la démocratie comme communauté politique doit reconnaître la pluralité des temporalités. Comme l'a remarqué un anthropologue travaillant à Bastar, la durabilité du rapport Brundtland est conçue dans une temporalité linéaire et historique, tandis que le temps des cultures à Bastar et Orissa s'accomplit dans un entremêlement temporel : le temps du festival, le temps cyclique, le temps du jeûne et du festin, le temps des menstruations de la terre où le labour est tabou, le temps du mythe et des saisons. L'idée du développement est construite elle aussi sur une échelle linéaire, selon une séquence qui voit les tribus devoir évoluer en sociétés agricoles puis se transformer en sociétés industrielles et postindustrielles. L'État tribal est considéré comme faisant partie d'un passé révolu, ce qui donne le droit aux pays

appartenant au futur industriel de hisser les tribus dans la modernité. Cependant, comme le dit Ashis Nandy, le tribal n'est pas mon ancêtre – il est mon contemporain. L'hégémonie du temps linéaire est ainsi une forme de violence transformant des populations en objets de musée et les condamnant au triage, au génocide, à la violence. Une Constitution qui reconnaîtrait la pluralité des temporalités admettrait la possibilité qu'il y ait des opportunités et des trajectoires de vie différentes.

7. Du point de vue des groupes activistes, la Constitution telle qu'elle existe reflète un esprit de chapelle limité dans le temps, l'espace et les imaginaires. Le temps comme progrès, mouvement de muséification et biologie sociale engendre la violence de l'obsolescence et du déchet. La diversité des temporalités nécessite également une diversité de natures, et cette diversité a besoin d'être représentée dans les cosmologies et les constitutions. Le contrat social auquel la science prend part permet à celle-ci de représenter, d'objectiviser et de mener ses expériences sur la nature. Mais il faut trouver une place pour accueillir les représentations du corps et de la nature dans leur variété. C'est là que les sciences alternatives prennent toute leur importance.

Ziauddin Sardar a proposé une version succincte et pluraliste de la justice cognitive¹. En tant que citoyen britannique, il déclare avoir accès au système de santé national. Il ajoute qu'en tant que musulman pratiquant il a le droit d'avoir ses propres idées sur le corps, la médecine, les soins et la mort. Ces droits sont complémentaires au même titre que l'égalité peut se voir enrichie par la pluralité.

La nature doit elle aussi être représentée de façon multiple. Il ne s'agit pas seulement ici de droits et de l'idée de donner aux arbres un statut légal. Le scientifique Han Jeny en donne un bon exemple². Il raconte que, apportant en classe à Berkeley des photos de différents types de sols et demandant à ses élèves ce qu'elles représentent, les étudiants répondent qu'il s'agit certainement de tableaux impressionnistes ou d'œuvres de Matisse. Ils sont alors tout surpris de découvrir qu'il s'agit de sols vus au microscope. Il faut cependant dépasser l'idée de droits pour reconnaître le potentiel épistémique de l'agriculture. Les variétés de sol rendent possible la diversité, mais c'est la diversité qui a besoin d'une reconnaissance épistémique. Les travaux d'Alfred Wallace et de Nikolai Vavilov sont ici importants en raison du lien entre diversité et formes de connaissance. Un exemple souvent cité est que l'Inde a plus de 50 000 variétés de riz. Nous sommes les dépositaires d'un plasma germinatif reçu en

1. Sardar 2003.

2. Stuart 1984.

héritage – or il est clair que la science n'est pas capable d'assumer seule cette diversité. Pour être entretenue, celle-ci requiert différentes formes d'agriculture, de religion, de mythe, de communauté – de savoirs. Dans son sens évolutionniste et épistémique, la diversité devient un point d'ancrage pour la démocratie de la connaissance. Comme Shiva l'a souvent affirmé, la monoculture agricole reflète une monoculture des esprits¹.

Le dialogue entre savoirs traditionnels et savoirs modernes est particulièrement crucial dans les débats concernant la médecine et l'agriculture. Il doit toutefois être complété par les directions ouvertes par les sciences du risque pour lesquelles les certitudes de l'univers newtonien n'ont plus cours. On distingue deux formes de risque, le risque ontologique et le risque épistémique. Le premier provient d'incertitudes résultant du manque de connaissances dans un domaine particulier. Si une ignorance de la sorte peut être comblée, il faut admettre la possibilité que ce ne soit jamais le cas pour l'incertitude ontologique.

Ces approches du risque se conjuguent maintenant aux approches de la diversité pour contester le statut prépondérant de la certitude en science, et les recherches doivent dorénavant s'orienter vers une science non prométhéenne, plus prudente. Celle-ci serait ancrée dans une idée de la paix articulée en termes épistémiques, soit en une forme de connaissance non violente. Cela nécessite en retour l'établissement de plusieurs propositions. Premièrement, l'innovation scientifique doit être considérée comme un contrat social reliant l'éthique de la mémoire et celle de l'innovation. Il manque à une connaissance pour l'instant ancrée dans l'obsolescence une éthique de la mémoire. Deuxièmement, le corps doit reprendre une place centrale, non pas comme objet mais comme *sensorium*. Il y a là une tentative de mettre la perspective linéaire basée sur le visuel au défi d'une république des sens où la vue, l'ouïe, le toucher et l'odorat composeraient ensemble un espace commun sensuel et compréhensible. Troisièmement, la langue prend une grande importance. Un concept traduit en plusieurs langues incite à une poétique de la vérité, ce qui est un bien.

On peut enfin relier démocratie et cadre pluraliste de connaissances. Une société de la connaissance ne donne pas la primauté à la science mais à la diversité et à son potentiel. Le savoir y est considéré comme une forme de citoyenneté et la science comme l'une des formes possibles de cette citoyenneté. Les mouvements et débats que nous avons présentés conduisent à l'idée que leurs luttes et leurs critiques ne sont pas seulement des formes de résistance mais qu'elles conduisent à une multiplicité des

1. Shiva 1993.

formes de vie. Dans un tel contexte, la connaissance crée de la vie. Il y a une prise de conscience que la connaissance hégémonique conduit à la monoculture et à la muséification. Mais la démocratie a besoin, au-delà de la science, d'un système de rationalités plurielles. Et la survie des économies parallèles et de la société de la biomasse nécessite des types de savoirs autres. Des connaissances diverses créent des imaginaires qui dépassent les paradigmes de la science. Dans un tel monde, la démocratie est une forme de connaissance et la citoyenneté un acte de science qui donne toute sa place à l'inventivité. L'État développementaliste avec ses notions simples d'expertise, de progrès et de science devient aujourd'hui une possibilité parmi d'autres – mais le monde est de plus en plus ouvert.

Traduit par Clara Breteau

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALVARES Claude, 1980, *Homo Faber: Technology and Culture in India, China and the West from 1500 to the Present Day*, La Haye, Nijhoff.
- BELL Daniel, 1973, *The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting*, New York, Basic Books.
- COOMARASWAMY Ananda Kentish, 1915, « Love and Art », *Modern Review*, vol. 14, n° 11, mai, p. 574-584.
- 1947, *The Bug Bear of Literacy*, Londres, Dennis Dopson.
- 1956, *Christian and Oriental Philosophy of Art*, New York, Dover Publications.
- 1981, *Essays in National Idealism*, New Delhi, Munshiram Manoharlal.
- GANDHI Mohandas K., 2014 [1909], *Hind Swaraj. L'émancipation à l'indienne*, Paris, Fayard.
- GEDDES Patrick, 1904, *On Universities in Europe and India: Five Letters to an Indian Friend*, Madras, National Press.
- 1993 [1915], *L'Évolution des villes*, Paris, Temenos.
- LANE Harlan, 1979, *The Wild Boy of Aveyron*, Londres, Palladin Granada.
- LIPSEY Roger, 1977, *Coomaraswamy: His Life and Work*, Bollingen Foundation Collection, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- NANDY Ashis, 1980, *Alternative Sciences: Creativity and Authenticity in Two Indian Scientists*, New Delhi, Allied.
- SACHS Wolfgang (dir.), 1992, *The Development Dictionary: A Guide to Knowledge as Power*, Londres, Zed Books.
- SAHASRABUDHEY Sunil, 1985, « Hind Swaraj and the Science Question », in Nageshwar PRASAD (dir.), *Hind Swaraj: A Fresh Look*, Delhi, Gandhi Peace Foundation.
- SARDAR Ziauddin, 2003, « Healing the Multiple Wounds: Medicine in Multicultural Society », in Sohail INAYATULLAH et Gail BOXWELL (dir.), *Islam, Postmodernism and Other Futures*, Londres, Pluto Press, p. 299-311.
- SARKAR Sumit, 1973, *The Swadesi Movement in Bengal (1903-1905)*, New Delhi, People's Publishing House.
- SCHUMACHER Fritz 1979 [1973], *Small Is Beautiful. Une société à la mesure de l'homme*, Paris, Seuil.

- SHIVA Vandana, 1993, *Monocultures of the Mind: Perspectives on Biodiversity and Biotechnology*, Londres, Zed Books.
- SRINIVASA MURTI G., 1923, « Secretaries Minute », *Report of Committee of Indigenous Medicine*, Madras, Government Printing Press.
- STUART Kevin, 1984, « My Friend, the Soil: A Conversation with Hans Jenny », *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 39, n° 3, p. 158-161.
- TAGORE Rabindranath, 1913, « The Relation of the Universe and the Individual », *Modern Review*, vol. 14, n° 1, juillet, p. 1.
- TYRWHITT Jacqueline (dir.), 1947, *Patrick Geddes in India*, Londres, Lund Humphries.
- UBEROI J.P. Singh, 1984, *The Other Mind of Europe: Goethe as a Scientist*, New York et Oxford, Oxford University Press.
- VISVANATHAN Shiv, 1985, *Organizing for Science: The Making of Industrial Research Laboratory*, Delhi, Oxford University Press.
- 1997, *A Carnival for Science*, Delhi, Oxford University Press.
- 2009, « The Search for Cognitive Justice », *Seminar*, n° 597, p. 45-49.
- VISVANATHAN Shiv et SETHI Harsh (dir.), 1998, *Foul Play: Chronicles of Corruption (1947-1997)*, New Delhi, Banyan Books.
- WALLACE Alfred Russel, 1908, *The Wonderful Century*, Londres, George Allen & Unwin.



DIY BIO

6 Les savoirs du social

DOMINIQUE PESTRE

Les science et savoirs ne sont pas le fait de dieux. Ils sont produits par des humains aux capacités limitées et ils ne peuvent pas ne pas être simplifiés, partiels et partiels. Les sciences modernes sont toutefois plus que des activités de savoir. Elles sont aussi des activités à vocation pratique. À travers les mathématiques, l'expérimentation contrôlée et les modélisations, elles autorisent une meilleure maîtrise sur les phénomènes, la nature et le social. Pour cette raison, la science moderne a toujours été liée aux pouvoirs de tous types. Elle a toujours été suivie avec attention par les gouvernants, et les savants ont offert leurs services aux princes, aux États démocratiques et autoritaires, aux entreprises commerciales et aux militaires. En bref, aucun savoir n'est jamais pur et sans cadrage initial. David Bloor n'avait donc pas tort, contre la seconde symétrie latourienne, de postuler une possible relation (à expliciter) entre espace de production et type de savoir produit¹.

Les savoirs, dans l'histoire, n'ont jamais relevé des seules académies, universités et autres milieux professionnels. Il a toujours existé des savoirs distribués dans le social, des savoirs populaires ou amateurs, artisans ou productifs, contestataires ou alternatifs. Pensons aux savoirs naturalistes ou astronomiques au XIX^e siècle, très souvent le fait d'amateurs, ou à ceux qui émanent des populations affectées par les dégâts du progrès. Pensons aux évaluations différentes des bienfaits des grands aménagements (barrages par exemple), aux savoirs pratiques et ouvriers sans lesquels la vie industrielle n'aurait pu s'épanouir ou, plus récemment, au logiciel libre².

Au XX^e siècle, les savoirs scientifiques et techniques, et notamment

1. Voir le débat entre Bloor et Latour dans *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 30, n° 1, mars 1999.

2. Pritchard 2011, Fressoz 2012, Sibum (dans le t. 2 de cet ouvrage, p. 285) et Schaffer (*ibid.*, p. 115), Visvanathan (dans ce volume, p. 107).

◀ Les amateurs et passionnés, leurs pratiques, réseaux et imaginaires. Annonce d'une conférence de « Do-It-Yourself Biology » tenue à Paris en décembre 2014.

les activités de laboratoire, sont et restent au cœur de la vie économique des nations. Cela ne s'est en rien réduit dans les dernières décennies et les États investissent toujours plus pour contrôler la frontière technoscientifique et la rendre plus productive et efficace. Les savoirs sur les populations ou la santé publique se sont eux aussi fortement accrus, et les économistes ont cherché à maîtriser la machine économique ou le bon fonctionnement des marchés – *via* la promotion des calculs en coût-bénéfice par exemple ou, plus récemment, le déploiement d'algorithmes financiers¹.

La thèse que je développerai dans ce chapitre est que, en dépit de continuités réelles, un basculement s'est imposé dans les années 1960-1970. Après l'apogée de la première guerre froide et la contestation des années 1960, on passe de l'Université en gloire, car *alter ego* de l'État agissant pour le bien de tous, à une science désanctuarisée. On constate un déploiement et une visibilité neufs des savoirs produits par ce qu'on a pris l'habitude d'appeler la « société civile », on assiste à une redistribution des places et pouvoirs, à une redéfinition des institutions qui comptent, à un déplacement des espaces produisant du savoir. La place de l'État s'est réduite, la pertinence des savoirs qu'il avait promus se perd et on assiste à une autonomie accrue des acteurs économiques et à l'émergence de savoirs et outils nouveaux².

En d'autres termes, je soutiendrai la thèse d'un basculement du régime de création et de déploiement des savoirs en société, basculement marqué par la place nouvelle prise par l'espace public comme lieu de légitimation, par la multiplication de groupes prétendant au savoir, par une montée d'acteurs nouveaux imposant leurs normes du bien comme du « bon » savoir – et construisant de nouvelles alliances, de nouveaux blocs hégémoniques aurait dit Gramsci.

J'adopterai dans ce chapitre une stratégie qui a fait ses preuves chez les historiens depuis vingt ans – l'exemple le plus abouti étant celui des historiens critiques de la « révolution scientifique³ ». À savoir, identifier les espaces sociaux où des connaissances sont produites et partir de leur renouvellement pour caractériser la transformation des savoirs eux-mêmes. Dans un premier temps, je m'intéresserai au demi-siècle qui court des années 1910 aux années 1960. Ce moment est celui où les savoirs relèvent massivement de l'institution académique travaillant de conserve, dans le cadre national, avec les autres grandes institutions que sont les États et

1. Sur l'économie, voir Shenk et Mitchell (dans ce volume, p. 233) ; sur le rôle des États, Edgerton (dans ce volume, p. 67).

2. Pour un exemple, Desrosières 2009.

3. Biagioli 1993, Wintroub 2000.

les puissances économiques. Un trait de ces savoirs est qu'ils visent une gestion intégrée des technologies, de l'économie, de l'État et du pacte social. Je considérerai ensuite les quarante dernières années en m'attardant sur quatre types d'espaces : le management et ce qu'il transforme dans la production des savoirs et la gestion de l'ordre social ; les *think tanks* libéraux-conservateurs et les savoirs et technologies qu'ils déploient pour remplacer l'« économie » par la science des marchés ; le monde des ONG et de la « société civile » organisée ; et finalement la place prise par les populations « ordinaires » dans la production de savoirs de tous ordres.

De la Première Guerre mondiale aux années 1960 : la science comme autorité

De la Première Guerre mondiale aux années 1960, l'État gagne extraordinairement en puissance. Il passe au cœur des activités de savoir, il en devient le nœud stratégique. Pour le développement économique et la préparation de la guerre, l'État devient entrepreneur de science, promoteur du développement technique et industriel, centre de la régulation économique et du bien-être social. Le « contrat social » est celui d'un progrès construit sous l'ombre d'un État « arbitre » et savant en mesure, grâce aux diverses sciences, de développer les meilleures politiques.

De la fin du XIX^e siècle aux années 1920, les sciences et techniques deviennent un bien national. L'État finance les universités et instituts techniques, il les aide à se transformer en lieux de recherche et construit, en Europe, de nouvelles institutions, les caisses et centres de recherche : Kaiser-Wilhelm Gesellschaft en Allemagne, CNRS en France, DSIR en Grande-Bretagne, CNR en Italie¹.

L'État soutient aussi l'industrie et la coordination des acteurs économiques. Il le fait *via* la création de centres nationaux de normalisation, des unités de recherche essentielles en termes industriels puisqu'elles organisent la compatibilité des produits et systèmes. Le plus emblématique de tous est la Physikalisch-Technische Reichsanstalt à Berlin, parrainée en 1887 par Helmholtz, le patron de la science allemande, Siemens, l'entrepreneur le plus puissant, et Bismarck, l'homme politique au cœur de l'unité du pays. L'État soutient encore les initiatives privées, par exemple celles des industriels développant des centres de recherche collectifs par branches. Quant aux industriels, ils ont souvent eux-mêmes intégré cette dimension que la science « fondamentale » est un bien premier. Philips,

1. Pestre 2003.

Siemens ou Bayer en Europe, comme AT & T aux États-Unis avec les fameux laboratoires Bell, en sont les instanciations les plus exemplaires¹.

Le rôle de l'État comme acteur central du progrès et de l'unité nationale implique aussi de gérer les effets négatifs du progrès. L'État social implique la protection du travail, notamment les « risques professionnels » pris en charge par l'assurance – en France en 1898. Mais il gère aussi les conséquences de la mise en circulation de produits à effets sanitaires négatifs (les produits chimiques par exemple). Dans les premières décennies du xx^e siècle, des comités formés d'experts (médecins, toxicologues et épidémiologues), d'organisations professionnelles et de représentants des États définissent des normes de qualité – à défaut d'interdire totalement les produits lorsqu'ils sont jugés indispensables à la compétitivité économique du pays. Après 1945, ces comités deviennent internationaux, la question des radiations ionisantes donnant l'*impetus* initial².

Les économistes, dès la fin de la Première Guerre mondiale, visent pour leur part le contrôle de l'économie nationale, c'est-à-dire l'ensemble des flux de production et de redistribution conçu comme une gigantesque machine que peuvent optimiser économistes et grands commis de l'État. Cette idée de l'économie comme un système qui peut être piloté à l'échelle d'un territoire n'est pas qu'une métaphore³. Elle se traduit en théories et algorithmes, en savoirs pratiques et dispositifs cognitifs et sociaux. Le plus connu de ces dispositifs est le Plan, en France ou aux Pays-Bas. Il repose sur des objectifs construits par les « partenaires sociaux », sur des données statistiques, des modèles et l'économétrie. Il est certes des intérêts derrière ces pratiques (et d'autres qui sont oubliés, comme ceux de l'environnement) mais ces savoirs se donnent comme généraux puisque « coélaborés » en faveur du bien collectif. Ils tendent donc à apparaître comme neutres et universels – et sont dotés, malgré les contestations locales, d'une grande autorité politique⁴.

Dans ce processus, la « science » apparaît comme l'autorité en matière de savoirs, et on lui reconnaît un magistère supérieur sur la nature du monde sublunaire. Mais l'institution science devient aussi une autorité politique, la légitimité qui lui est accordée dérivant du fait qu'elle fait journallement la preuve de sa force *via* le progrès. La science est légitime par les outputs techniques qu'elle aide à déployer, par ce qu'elle permet de mettre en œuvre dans l'ordre matériel, social et économique. La

1. Cahan 2004, Vries 2005.

2. Pestre 2013, Fressoz 2012, Jas 2007 et 2014.

3. Un modèle hydraulique de l'économie datant du début des années 1950 est visible au Science Museum de Londres.

4. Desrosières 1999, Armatte et Dahan (dans ce volume, p. 339).

science est alors l'*alter ego* de l'État interventionniste. Ils partagent tous deux une revendication de transcendance – ou du moins de neutralité vis-à-vis des intérêts particuliers. Ils se pensent comme au-dessus des contingences, énonçant le Vrai ou le Bien de la nature ou de la nation. En plus de sa légitimité démocratique, dérivant du suffrage universel, l'État reçoit de la science une garantie de rationalité pour ses actions. Comme le dit Guillaume Carnino, les savoirs universitaires adviennent alors en singulier majuscule – ils deviennent « La Science¹ ».

L'apogée de ce système est atteint durant la guerre froide – moment où les forces armées et les *think tanks* militaires américains jouent un rôle décisif. Ce qui est alors frappant est la mathématisation des démarches (un renforcement de leur scientificité) et la promotion d'une rationalité qui se donne comme englobante et systémique, comme totale et optimale – au fond, comme quasi divine. La Marine ou l'US Air Force financent massivement les sciences de laboratoire et en viennent à remodeler les champs disciplinaires. Les programmes balistiques et nucléaires conduisent à la gestion par *projet* et à une réforme des modes industriels d'innovation et de management². La RAND Corporation développe l'analyse des systèmes – pour penser le déploiement des forces stratégiques et l'échange nucléaire d'abord, la réorganisation de l'appareil d'État et des systèmes sociaux ensuite. Se développent aussi l'analyse coût-bénéfice et la théorie de la décision en univers incertain, des outils d'analyse qui se veulent rationnels et imparables, en tout cas non contestables par les néophytes. Appliquées à la gestion des risques, ces approches séparent analyse scientifique et décision politique, renforçant ainsi le caractère intangible des faits établis par les experts³.

Durant la guerre froide, la montée en majesté de « la science » se marque aussi par l'invention des « politiques scientifiques » et du « pilotage de la recherche ». Ceux-ci impliquent essentiellement le triptyque scientifiques / industriels / experts et il place (symboliquement ?) la science aux origines des innovations et solutions. L'OCDE est le lieu privilégié de globalisation des instruments nécessaires à la mise en œuvre de ces nouveautés – ce qu'incarne le *Manuel de Frascati* (1963). Bien évidemment, le nucléaire, l'aéronautique, l'espace, l'électronique et les télécommunications restent les secteurs les plus financés – guerre froide oblige – mais ils ne sont pas soumis à la règle commune et relèvent plus souvent des pouvoirs discrétionnaires des États et des militaires travaillant avec les industriels⁴.

1. Carnino 2015.

2. Lécuyer (dans ce volume, p. 423).

3. Dahan et Pestre 2004, Boudia et Jas (dans ce volume, p. 381), Boudia 2014.

4. Godin 2009, Edgerton (dans ce volume, p. 67).

Sous l'impulsion de l'État, la fabrication des savoirs est donc assez pyramidale durant cette période, et la nation constitue l'univers de référence. Est-ce à dire qu'il n'est pas de contestations, que ce réseau organisé fonctionne sans oppositions ? Non, bien sûr, mais celles-ci ne sont pas assez puissantes pour ébranler les modes d'évaluation en place. Des savoirs continuent d'être produits dans les associations et mouvements de contestation, mais ceux-ci, sans relais, pèsent peu sur les politiques et le débat public. Des savoirs émanent aussi de sociétés savantes, des naturalistes notamment. Ils critiquent la dégradation de l'environnement, mais l'enthousiasme ambiant pour le progrès technique, comme le fait que les niveaux de vie augmentent, les rendent peu audibles. Il est aussi une contestation populaire qui porte sur les effets indésirables du progrès (à propos des pollutions ou des grands travaux, comme l'aménagement de la vallée du Rhône en France), mais elle reste localisée, sans possibilité, avant les années 1960, de se structurer à l'échelle médiatique. Les seuls relais de ces contestations sont les élus locaux, qui les portent parfois auprès des administrations¹.

Depuis les années 1970 : (1) les savoirs du management et leur diffusion dans la société

Pour saisir les changements qui émergent à partir des années 1970, je partirai des formes de contestation et de refus, et de la manière dont elles sont intégrées et gérées par les pouvoirs en place. Je commencerai par la contestation ouvrière, massive au tournant des années 1960-1970. Celle-ci – pensez aux usines de la Fiat ou de GM aux États-Unis – met en danger l'ordre industriel et suscite des réactions vives de la part des managers. En sort un autre type de savoirs gestionnaires, une autre approche du management que marque le vocable de « toyotisme ». Je ne mentionnerai ici qu'un exemple, le *fact-based management*, une gestion développée aux États-Unis et qui vise à reprendre en main les ateliers et s'appuie sur la « réalité objective » des faits enregistrés par l'encadrement. La fabrication de cette factualité repose sur la mise en place de mesures de l'efficacité des employés, sur la construction de comparaisons et classements – ce qui permet de gérer l'éviction des mauvais sujets sur une base qu'on peut publiquement *montrer* comme « fondée sur les faits² ».

1. Pritchard 2011, Pessis, Topçu et Bonneuil 2013.

2. Boltanski et Chiapello 2000, Bruno et Didier 2013.

Cette forme de savoir vise à diriger la conduite des autres, mais moins par la violence brute (celle de la chaîne et l'usure des corps-machines) que par l'incitation et surtout l'*obligation* de participer à sa propre autoévaluation. Cela ne signifie en rien la disparition des formes de violence (on lira Dejours pour s'en convaincre¹) et ce nouveau type de management remplit sa fonction car il repose sur le pouvoir souverain du chef d'entreprise. Il n'en reste pas moins que ces savoirs sont d'un nouveau type et qu'ils ne construisent pas leur autorité comme les savoirs antérieurs. Ils sont des outils dont la puissance passe par le réordonnement qu'ils imposent aux sujets, par ce qu'ils les amènent à faire. Leur pouvoir dérive de l'ubiquité des dispositifs qui les accompagnent et auxquels les individus peuvent rarement échapper. Ces savoirs et dispositifs refont le monde au quotidien car ils en ont la capacité – si ce n'est, toutefois, l'autorité morale.

Ces techniques et savoirs ont très vite migré hors de l'entreprise et ont contribué à la transformation du lien social, de ce qui « tient les sociétés ». Un premier héritage est celui de ce qu'on pourrait appeler l'*evidence-based anything* – à l'instar de l'*evidence-based medicine* qui, au nom de méta-analyses statistiques, prétend pouvoir dire qu'elle est « la meilleure pratique disponible ». Cette forme de « normalisation » s'accompagne de nouvelles nosologies, elle signifie une dévalorisation des savoirs de la clinique, une réduction de l'autonomie des praticiens et, parce qu'elle n'est pas innocente d'intérêts, une préférence pour les solutions chimiques.

Un second héritage est la mise en place, à partir des années 1980, de *benchmarks* – la méthode ouverte de coordination au niveau des États européens, par exemple – et la publication de palmarès – comme celui des meilleures universités. Ces *benchmarks* et palmarès ont des origines multiples – des journaux, des institutions privées ou publiques – mais ils ne s'imposent que s'ils ont derrière eux une conjonction de forces suffisamment puissantes pour les rendre inévitables. Pour le classement de Shanghai, on peut penser aux universités chinoises cherchant l'endroit où envoyer leurs étudiants, aux universités les mieux classées et qui promeuvent le classement, aux États qui veulent rendre leurs universités « excellentes », etc. Ces dispositifs d'incitation relèvent rarement d'un processus d'élaboration public ; ils constituent plutôt des savoirs montés de façon *ad hoc*, en fonction de certains objectifs, et faisant ensuite leur office parmi les populations où ils circulent. L'autorité de ces savoirs ne découle pas d'un assentiment public préalable mais de qui les porte et du nombre de réappropriations qui adviennent. Du fait de l'anonymat

1. Dejours 1998.

qui les caractérise (ils sont comme sans auteur et simplement de bon sens – pensez à nouveau à la « médecine des preuves ») et de leur poids diffus mais constant (le classement de Shanghai est là et opère car repris et utilisé), ces savoirs et technologies offrent peu de prise à la contestation et suscitent plutôt ressentiment, angoisse et « stress¹ ».

Depuis les années 1970 : (2) les savoirs des *think tanks* libéraux-conservateurs

Les savoirs nouveaux qui se déploient au début des années 1970 sont aussi le fait d'institutions nouvelles. Pour exister et rendre leurs savoirs audibles face aux savoirs qu'elles contestent (ceux des États et des universités), elles tendent à en appeler à l'opinion publique.

Les premières institutions à se comporter ainsi sont les *think tanks* libéraux des années 1970, des instituts de réflexion créés initialement à l'initiative du monde des affaires et des réseaux républicains dans le but de miner l'évidence des discours keynésiens et à vocation sociale qui dominant alors le monde académique. Leur stratégie, face au fait que ces savoirs occupent le lieu légitime qu'est l'Université, est d'en appeler, avec l'appui d'une presse en phase de politisation accélérée (pensez à Fox News et au groupe Murdoch), à l'opinion publique pour asseoir leurs analyses et les rendre crédibles². Ces analyses prennent la forme de rapports et d'études, de textes programmatiques énonçant ce que sont les « réalités » du monde, comment elles sont ignorées, et ce qu'il convient de faire. Ces savoirs, qui sont autant descriptifs que prescriptifs, gagnent en légitimité à travers les polémiques publiques – jusqu'au moment où, étant entendus, ils peuvent pénétrer l'Université et la reconfigurer. Un exemple emblématique en est la Heritage Foundation, fondée en 1971, et qui joue un rôle décisif dans la préparation intellectuelle et la formulation politique du tournant reaganien³.

Historiquement, le second temps est celui des *think tanks* néoconservateurs des années 1990. Leur but est d'accentuer la révolution idéologique amorcée vingt ans auparavant, de refonder les valeurs – de promouvoir le monde de la sécurité, la guerre des civilisations et le refus de tout multilatéralisme. Leur stratégie repose sur le même principe – la publication de rapports et la création de polémiques à travers une presse amie. Leur

1. Bruno et Didier 2013, numéro spécial de *Minerva* (vol. 47, n° 3, octobre 2009).

2. Edwards 1997.

3. Heatherly 1981.

importance, dans les années 1990 et 2000, est qu'ils contribuent à rouvrir toutes les « boîtes noires » des choses acceptées, à accélérer la déstabilisation des valeurs et savoirs acquis, et à rendre banale une géopolitique agressive. Plus généralement, les savoirs des *think tanks* sont explicitement articulés sur des causes politiques et économiques. En cela, ils ne partagent pas l'éthos habituel des universitaires : ils mènent un combat et le savoir produit est explicitement mobilisé dans ce but.

Il faut ensuite penser aux institutions internationales et à leurs mutations. Je pense à l'OCDE et aux institutions de Bretton Woods (Banque mondiale et FMI) mais encore aux Nations unies dont les programmes se transforment constamment des années 1970 aux années 2000. Ces institutions, en parallèle aux *think tanks*, deviennent elles aussi de grosses productrices d'analyses factuelles et de critères normatifs¹.

Les variations sont ici importantes. L'OCDE, par exemple, est la « boîte à idées » des pays développés, l'institution la plus importante pour la coordination de leurs politiques – ce qui lui permet de définir les normes s'appliquant de fait à l'échelle planétaire. Les exemples les plus connus du rôle de l'OCDE sont le rapport Brooks de 1971, un rapport étonnant car troublé par la contestation des années 1960 ; les rapports et recommandations des années 1970 et 1980 sur l'environnement et qui promeuvent les « instruments économiques » (taxes sur les effluents et les produits, marchés de droits à polluer, politiques fiscales d'incitation) comme seule manière rationnelle de protéger la croissance sans nuire à l'environnement ; les actions entreprises dans les années 1990 et 2000 en faveur de la « libéralisation nécessaire » (de l'eau par exemple) ; et bien sûr l'assouplissement des régulations et la promotion des *benchmarks*. D'où la nature des savoirs jugés bons et utiles dans les années 2000 et 2010, des services climatiques ou écosystémiques aux partenariats public-privé et aux « arrangements multi-acteurs » – les « tables rondes » légiférant sur la qualité des produits agricoles du Sud par exemple².

Les programmes des Nations unies sont assez transversaux aux modes de travail et d'action de l'OCDE ou de la Banque mondiale – qui en vient d'ailleurs à se dénommer Banque des savoirs au début du xxi^e siècle. Ils sont plus consensuels mais aussi moins dotés, moins reliés aux nœuds financiers et de pouvoir du Nord, et ils ont donc moins d'« efficacité ». Ils sont régulièrement contournés ou ignorés par les premiers, et leurs valeurs et programmes de recherche peuvent devenir l'objet de violentes attaques. C'est par exemple ce qui advient à l'OMS à la fin des années

1. Moretti et Pestre 2015.

2. Cheyns 2011.

1970 lorsque son programme sur les soins de santé primaires défendu à Alma Ata suscite l'ire américaine et l'arrêt de divers financements¹.

J'aimerais clore cette section sur un point. Les normes définies par ces institutions pèsent sur l'Université et l'obligent à expliciter et justifier ce qui fait la légitimité et l'utilité de ses énoncés, de ses catégories et cadrages. Ce qui est une situation neuve et qui conduit le gouvernement Bush, à partir des années 2000, à dénier sa part de vérité aux savoirs des sciences qui déplaisent ou entravent le déploiement normal des affaires – comme avec les *soft drinks* ou le réchauffement climatique. Elle conduit aussi à des remodelages constants des formes d'organisation de l'expertise lorsque celle-ci ne produit pas les résultats escomptés².

Depuis les années 1970 : (3) les ONG nouvelles et leurs stratégies

Les *think tanks* libéraux et conservateurs ne sont pas les seuls, à partir des années 1970, à faire de l'espace public le nouveau lieu de légitimation des savoirs. On trouve, dans un registre parallèle, les grandes ONG internationales qui se généralisent elles aussi dans ces années – Greenpeace est fondée en 1971, tout comme Heritage. Ces organisations construisent elles aussi des équipes de recherche qui pénètrent le territoire des savoirs experts et permettent de contester l'inertie ou l'aveuglement des savoirs « officiels », des universités et du monde industriel. À proprement parler, ce sont d'ailleurs les ONG qui créent, en osmose avec les universitaires, le champ des sciences de l'environnement³.

Le « groupe » des ONG est beaucoup moins homogène que celui des *think tanks* libéraux et conservateurs. On a d'abord des différences de taille et de localisation géographique – des grandes machines type WWF au Nord aux ONG développementalistes du Sud, souvent plus locales. Les statuts sont aussi différents. Certaines reposent sur le volontariat, d'autres sont devenues des institutions reconnues officiellement par les Nations unies ou la Communauté européenne, qui emploient des centaines de professionnels, et par lesquelles transitent des financements d'États pour le développement ou l'environnement. Les logiques historiques sont aussi très diverses et, depuis vingt ans, certaines grosses ONG du Nord (WWF, mais moins Greenpeace par exemple) sont devenues les

1. Gaudillière 2014.

2. Pestre 2008, Oreskes et Conway 2010.

3. Mahrane (dans ce volume, p. 275).

partenaires du monde des affaires pour promouvoir un monde pragmatiquement durable¹.

Au cours des trois dernières décennies, le phénomène des ONG se généralise et devient un rouage central de la production des savoirs. Trois points me semblent à retenir. D'abord, comme pour les *think tanks*, les ONG pèsent dans l'espace public par la production de connaissances; elles mobilisent beaucoup de matière grise, elles produisent données et rapports – et cela rouvre les boîtes noires des sciences officielles. Ces organismes ont par ailleurs contribué à transformer les médias et à placer l'« opinion publique » en arbitre des choix et savoirs qui sont proposés. Les ONG, à la différence des syndicats ouvriers, n'ont pas d'abord des « revendications »; elles montent des opérations très visibles et profitent de l'intérêt médiatique suscité pour exposer leurs conclusions et peser sur les consciences. Enfin, ces savoirs sont articulés sur des causes et des visions du monde – ce qui ne signifie pas que ces savoirs n'ont pas de valeur, loin s'en faut. Le résultat en est une fantastique ouverture des lieux de production des savoirs, un « aplatissement » des hiérarchies, une articulation plus explicite sur les intérêts en jeu – mais surtout une perte de l'autorité « transcendante » dont « la science » jouissait dans la phase antérieure.

Depuis les années 1970 : (4) production de savoirs et populations « ordinaires »

Depuis quarante ans, les savoirs ne sont pas seulement produits par les institutions – universités, États, entreprises, *think tanks*, ONG et autres organisations internationales. Ils le sont aussi par des populations de plus en plus nombreuses et diversement organisées. Ce phénomène n'est pas neuf, nous l'avons dit, mais il a explosé depuis les années 1970. Pour avoir un ordre de grandeur, on retiendra qu'on compte aujourd'hui en France 14 000 associations de patients (avec 4 millions d'usagers adhérents) et que 1 500 à 2 000 associations se créent chaque année autour des questions d'environnement². Dans ce qui suit, je me propose d'aborder cette galaxie à travers quatre entrées, renvoyant le lecteur aux sources et au Web pour d'autres exemples.

Le premier ensemble pourrait être celui des amateurs férus de science, un phénomène bien connu du XIX^e siècle. Je ne donnerai que deux exemples

1. MacDonald 2010.

2. Voir < <http://www.annuaire-aas.com> > ou < <http://www.francebenevolat.org> > .

des pratiques récentes, l'un concernant les pratiques naturalistes (*via* Tela Botanica), l'autre qui montre la place nouvelle des amateurs dans l'analyse et la visualisation des données spatiales.

Tela Botanica est un réseau francophone en ligne regroupant environ 20 000 personnes et où tout un chacun peut se former, contribuer à l'identification des flores locales, suivre la vie d'écosystèmes ou apprendre à préserver la biodiversité. Il est organisé autour d'espaces collaboratifs (des wikis), de banques de données à enrichir, de présentations cartographiques et d'une centaine de projets. Il offre des fiches pratiques visant la création d'observatoires, la gestion et le partage d'images, l'observation des saisons ou des flores urbaines. Le réseau est intégré aux travaux académiques et a permis l'émergence d'une communauté épistémique ouverte impliquant professionnels et amateurs. D'ailleurs, la « flore électronique » que le réseau produit est devenue un des standards du domaine (elle reçoit 10 000 visites par jour)¹.



Descente de la sonde Huygens et atterrissage sur le sol de Titan en 2005. Croquis d'artiste élaboré à partir des images envoyées par la sonde et mises à disposition sur le site de l'Agence spatiale européenne.

Mon second exemple est plus limité. Il a trait aux images enregistrées lors de la descente de la sonde Huygens sur Titan en janvier 2005, images immédiatement mises en ligne par l'Agence spatiale européenne. Or, en moins de huit heures, un réseau d'amateurs proposait des images

1. < <http://www.tela-botanica.org> >, Millerand, Heaton et Proulx 2011.

en 3D de la topographie de Titan, bientôt suivies de « vues d'artiste » plus complexes. La nouveauté est ici la mise à disposition immédiate des données par l'ASE, leur traitement par des développeurs d'images, et leur mise à disposition sur divers sites. Un régime que le Web autorise, comme dans le cas de Tela Botanica, mais qui signale aussi une nouvelle disposition de certaines institutions scientifiques vis-à-vis des amateurs¹.

Le deuxième ensemble de pratiques distribuées que je souhaite évoquer, celui des associations de patients, est lui aussi devenu massif dans les années 1970 et 1980 – *via* le Women Health Movement (et son best-seller *Our Bodies Ourselves*), le National Women Health Network (et ses actions juridiques et de lobbying)... et bien sûr l'épidémie de sida qui a conduit à une redéfinition des relations entre médecins, compagnies pharmaceutiques et malades. Ces mouvements s'approprient le rapport à la maladie et aux institutions hospitalières, ils mettent au premier plan l'importance de bien « vivre » le traitement, ils visent la prise en main de soi et le refus de s'en remettre aux seuls experts et professionnels. La revendication est celle d'un partage des savoirs, d'une participation à la mise en œuvre des protocoles lors de l'introduction de nouvelles molécules – comme d'un droit à s'inspirer des pratiques « alternatives » dans les champs qu'ignore la médecine savante. Les associations de patients apportent aussi aux professionnels d'importantes données (ce qui est visible dans le cas des maladies rares où l'expertise clinique est dans les mains des familles) et ces travaux, menés souvent en lien avec les entreprises de la pharmacie, conduisent à redéfinir les traitements. Dans les sciences sociales, cela a conduit à de nombreuses réflexions. Bruno Latour insiste sur le fait que l'engagement de ces groupes marque une nouvelle expérimentation collective, d'autres ont parlé de citoyenneté scientifique (Elam et Bertisson), d'un modèle pour l'*empowerment* (Clarke), de biosocialité (Rabinow) et d'une nouvelle forme de *vital politics* à l'échelle moléculaire (Rose)².

Le troisième ensemble est lié aux savoirs environnementaux – d'abord en réaction aux effets négatifs créés par le développement industriel. Des évolutions historiques sont ici visibles. Au début, dans les années 1960, les questions tournent autour de pollutions locales (de l'air, de l'eau, de certaines zones géographiques, ou des pollutions dues à certaines molécules). Plus tard, les questions abordées par les nombreuses associations qui émergent deviennent aussi globales – et ces actions débouchent

1. Bigg 2007, 2011.

2. Löwy 2009, Epstein 2008. Pour d'autres exemples, < <http://www.renaloo.com/forum> >, < <http://www.cancercontribution.fr> >, < <http://www.grippenet.fr> > .

sur des victoires, comme pour le contrôle des CFC par le protocole de Montréal. Pour le nucléaire, les pratiques évoluent d'un refus initial de toute industrie nucléaire à des mesures autonomes de la radioactivité ambiante et un contrôle des institutions de régulation – après Tchernobyl – mais sans que cesse la mobilisation pour l'arrêt du nucléaire. Pour le réchauffement climatique, des milliers d'associations – des Bingo aux associations les plus locales – continuent à inventorier les dégradations et à publier des données, et elles sont toujours massivement présentes dans le *off* des Conférences des parties organisées annuellement par le Programme des Nations unies¹. Elles y sont essentielles dans les années 2000, même si elles ne sont jamais dominantes.

Le quatrième ensemble a trait à l'innovation. L'innovation n'a certes jamais été le seul fait des universitaires, ingénieurs et industriels : Réaumur, déjà, visitait les artisans pour saisir leurs tours de main et pratiques, et le développement de la radio dans l'entre-deux-guerres est largement dû aux milliers d'amateurs (au sens étymologique de « ceux qui aiment ») ayant construit ou inventé leurs propres appareils. La place des populations qui contribuent à l'innovation s'est toutefois fortement accrue dans la période récente. On pense bien sûr à l'économie numérique, aux logiciels libres, aux développeurs du Web, à la création de Wikipédia – et à tous ceux qui les utilisent, transforment et adaptent. Christophe Lécuyer et Fred Turner ont aussi montré que le développement de la Silicon Valley ne pouvait se comprendre sans la contre-culture californienne des années 1960 et 1970, sans sa marginalité mais aussi sans l'étonnant mélange qui y prévaut entre fascination pour les techniques, travail librement choisi, coopération et esprit entrepreneurial. Outre ces cas bien connus, on peut aussi évoquer le mouvement des semences paysannes en France qui refuse la mainmise financière mais aussi culturelle des semenciers distributeurs de lignées pures, qui milite pour le droit à sélectionner ses propres graines, les échanger et expérimenter librement – un gage de qualité pour les farines et de résistance écologique face aux aléas climatiques et de terrain².

Dans les sciences sociales, cette multiplication des formes « ascendantes » d'innovation construites sur les usages et des échanges horizontaux – et auxquelles les entreprises sont sensibles puisqu'elles leur offrent parfois des moyens économiques de concevoir leurs produits – a conduit à une abondante littérature sur l'innovation en réseau, l'importance d'intégrer ces formes dans les politiques publiques, ou le devoir de prévoir des

1. Mahrane (dans ce volume, p. 275), Topçu 2014, Aikut et Dahan 2014.

2. Lécuyer 2006, Turner 2006, Bonneuil et Demeulenaere 2007.

formes intermédiaires de propriété – toutes choses d’une extrême valeur. Il n’en reste pas moins que cette promotion tous azimuts de l’hybridité et de la co-construction, si chère aux *science studies*, a ses limites. Il lui arrive d’oublier que ces formes d’innovation sont parfois aussi au cœur d’un nouveau *business model*. Le succès de Google, par exemple, repose sur l’enthousiasme de centaines de milliers d’« amateurs » – mais il n’est pas que « collaboratif » : il est aussi très asymétrique. C’est en effet l’existence de cette main-d’œuvre gratuite et travaillant sur les plateformes en logiciel libre de la firme (avec plaisir et parfois espoir d’être recrutée) qui a offert à celle-ci ses capacités exceptionnelles de développement.

Je terminerai cette section par quelques mots sur ce qui a pu permettre ou faciliter cette floraison de producteurs nouveaux de savoir, un fait dont on ne peut que se réjouir. Cette floraison renvoie d’abord à ce que Marcel Gauchet nomme le fait libéral – le fait que les individus demandent toujours plus d’autonomie, de liberté et de droits, qu’ils refusent les formes d’autorité qui s’imposent à eux et s’organisent indépendamment des « systèmes » (au sens d’Habermas¹). Elle renvoie aux affaires qui ont encombré l’espace public autour de pollutions historiques (*Torrey Canyon* en 1967, Bhopal en 1984), d’accidents majeurs (Tchernobyl en 1986), d’affaires de santé publique (de la thalidomide en 1961 au Mediator en 2012) – en bref, aux développements productifs exponentiels que nos sociétés ont connus. Elle dérive encore de l’émergence de nouvelles sciences, autour de l’environnement, du climat ou de la biodiversité, des sciences qui sont modélisatrices mais aussi de terrain, et qui ouvrent de nouveaux espaces aux non-professionnels (les sciences de laboratoire favorisent moins de telles ouvertures). Elle émerge finalement des nouveaux outils de traitement et de rassemblement des données (pour les modélisations) et du Web. Celui-ci produit des formes moins hiérarchiques d’apprentissage et de traitement des problèmes ; il induit des méthodes de travail « en extension », d’autres manières de produire et consommer l’information, d’autres manières de juger des savoirs disponibles et de gérer la relation aux autorités. Polycentrique, il marginalise les canaux hiérarchiques de transmission des savoirs – et mine ainsi la science comme forme naturelle d’autorité².

1. Gauchet 2010-2012, Habermas 1987.

2. Pestre 2013, Mallein 2007.

Remarques finales

Résumons. Les savoirs sont partiels et partiels car cadrés de façon toujours spécifique, et tout savoir a sa part d'ignorance. Ils sont aussi distribués dans le social, personne ne dispose de tous les savoirs pertinents – et c'est une *hubris* que de le croire. Cela n'implique toutefois pas que tout se vaille : chacun sait, dans un monde technologique et interconnecté, qu'il faut disposer du *bon savoir* – que ce soit pour l'innovation, l'évaluation des questions ou le suivi des solutions. Mais ce bon savoir, ce savoir « qui convient », se définit en fonction de valeurs, d'objectifs, d'intérêts personnels ou collectivement organisés.

Tout est donc compliqué – notamment lorsqu'il faut choisir. Deux tendances se manifestent aujourd'hui pour réduire ce nœud gordien des limites inhérentes à notre condition humaine et à nos savoirs. Certains promeuvent la confrontation des arguments, la discussion, puis la décision – notamment pour les régulations collectives ; d'autres en appellent aux marchés, seul recours contre notre ignorance¹. Dans le premier cas, la diversité des savoirs et de leurs cadrages est donnée comme un avantage épistémologique et politique, la confrontation raisonnée comme une nécessité – et cela conduit à une demande d'extension de la démocratie². Dans le second, la solution est celle d'un libéralisme *new look* et radical (seuls les marchés anticipent correctement), internalisant éventuellement certaines externalités négatives (environnementales par exemple) ou demandant des droits de propriété plus stricts (sur les biens communs ou *via* la transformation du droit des brevets). La politique est alors celle des états de fait – ce qui engendre refus et protestations *a posteriori*.

Il n'est évidemment pas de solution consensuelle au-delà de ces alternatives – puisqu'il ne s'agit pas d'une affaire à régler entre acteurs « rationnels ». Et l'équilibre qui prévaudra dans le futur ne peut être anticipé. Il sera fonction de nos imaginations, des rapports de force entre personnes et groupes, de l'évolution du système Terre – notamment de la rapidité avec laquelle opérera le processus d'anthropocénisation du monde. Ce qui ne veut pas dire qu'il n'est pas à prendre parti et à contribuer aux études, bien au contraire. Car il est une chose sûre, l'une des rares qui le soient – les civilisations peuvent disparaître ou se suicider.

1. Hayek 1944.

2. Rosanvallon 2006.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AYKUT Stefan et DAHAN Amy, 2014, « La gouvernance du changement climatique. Anatomie d'un schisme de réalité », in Dominique PESTRE (dir.), *Le Gouvernement des technosciences*, Paris, La Découverte, p. 97-131.
- BIAGIOLI Mario, 1993, *The Practice of Science in the Culture of Absolutism*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- BIGG Charlotte, 2011, « Images », in Gérard AZOULAY et Dominique PESTRE (dir.), *C'est l'espace! 101 savoirs, histoires et curiosités*, Paris, Gallimard, p. 179-181.
- 2007, « In weiter Ferne so nah. Bilder des Titans », *Bildwelten des Wissens*, 5/2, p. 9-19.
- BOLTANSKI Luc et CHIAPELLO Ève, 2000, *Le Nouvel Esprit du capitalisme*, Paris, Gallimard.
- BONNEUIL Christophe et DEMEULENAERE Élise, 2007, « Vers une génétique de pair à pair? L'émergence de la sélection participative », in Florian CHARVOLIN, André MICOUD et Lynn K. NYHART, *Des sciences citoyennes? La question de l'amateur dans les sciences naturalistes*, La Tour-d'Aigues, Éd. de l'Aube, p. 122-147.
- BOUDIA Soraya, 2014, « Gouverner par les instruments économiques. La trajectoire de l'analyse coût-bénéfice dans l'action publique », in Dominique PESTRE (dir.), *Le Gouvernement des technosciences*, Paris, La Découverte, p. 231-260.
- BROWN Theodore M., CUETO Marcos et FEE Elizabeth, 2006, « The World Health Organization and the Transition from International to Global Public Health », *American Journal of Public Health*, vol. 96, p. 62-72.
- BRUNO Isabelle et DIDIER Emmanuel, 2013, *Benchmarking. L'État sous pression statistique*, Paris, La Découverte.
- CAHAN David, 2004, *An Institute for an Empire: The Physikalisch-Technische Reichsanstalt (1871-1918)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CARNINO Guillaume, 2015, *L'Invention de la science. La nouvelle religion de l'âge industriel*, Paris, Seuil.
- CHEYNS Emmanuelle, 2011, « Multi-Stakeholder Initiatives for Sustainable Agriculture: Limits of the "Inclusiveness" Paradigm », in Stefano PONTE, Jakob VESTERGAARD et Peter GIBBON (dir.), *Governing through Standards: Origins, Drivers and Limits*, Londres, Palgrave, p. 318-354.
- DAHAN Amy et PESTRE Dominique, 2004, *Les Sciences pour la guerre (1940-1960)*, Paris, Éd. de l'EHESS.
- DEJOURS Christophe, 1998, *Souffrance en France. La banalisation de l'injustice sociale*, Paris, Seuil.
- DESROSIÈRES Alain, 1999, « La commission et l'équation: une comparaison des plans français et néerlandais entre 1945 et 1980 », *Genèses*, n° 34, p. 28-52.
- 2009, « How to Be Real and Conventional: A Discussion of the Quality Criteria of Official Statistics », *Minerva*, vol. 47, p. 307-322.
- EDWARDS Lee, 1997, *The Power of Ideas: The Heritage Foundation at 25 Years*, Ottawa (IL), Jameson Books.
- EPSTEIN Steve, 2008, « Patient Groups and Health Movements », in Edward J. HACKETT, Olga AMSTERDAMSKA, Michael LYNCH et Judy WAJCMAN (dir.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, Cambridge (MA), MIT Press, p. 499-539.
- FRESSOZ Jean-Baptiste, 2012, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Paris, Seuil.

- GAUCHET Marcel, 2010-2012, séminaire sur *La Signification du néolibéralisme* (17 décembre 2010-25 mai 2011) et sur *La Radicalisation de la modernité: le droit et la dynamique de l'individualisation* (16 novembre 2011-30 mai 2012), Paris, Éd. de l'EHESS, < <http://marcelgauchet.fr/blog> > .
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul, 2014, « De la santé publique internationale à la santé globale. L'OMS, la Banque mondiale et le gouvernement des thérapies chimiques », in Dominique PESTRE (dir.), *Le Gouvernement des technosciences*, Paris, La Découverte, p. 65-96.
- GODIN Benoît, 2009, « The Making of Science, Technology and Innovation Policy », accessible sur < www.ucs.inrs.ca > .
- HABERMAS Jürgen, 1987, *Théorie de l'agir communicationnel*, Paris, Fayard, 2 vol.
- HAYEK Friedrich A., 1944, *The Road to Serfdom*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- HEATHERLY Charles (dir.), 1981, *Mandate for Leadership*, Washington (DC), The Heritage Foundation.
- JAS Nathalie, 2007, « Public Health and Pesticide Regulation in France before and after Silent Spring », *History and Technology*, vol. 23, n° 4, p. 369-388.
- 2014, « Gouverner les substances chimiques dangereuses dans les espaces internationaux », in Dominique PESTRE (dir.), *Le Gouvernement des technosciences*, Paris, La Découverte, p. 31-64.
- LÉCUYER Christophe, 2006, *Making Silicon Valley: Innovation and the Growth of High Tech (1930-1970)*, Cambridge (MA), MIT Press.
- LÖWY Ilana, 2009, *Preventive Strikes: Women, Precancer, and Prophylactic Surgery*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- MACDONALD Kenneth Iain, 2010, « The Devil Is in the (Bio) diversity: Private Sector "Engagement" and the Restructuring of Biodiversity Conservation », *Antipode*, vol. 42, n° 3, p. 513-550.
- MALLEIN Philippe, 2007, « Usage des TIC et signaux faibles du changement social », < <http://ensmp.net/pdf/2008/TIC%20et%20Paradoxes%20philippe%20Mallein.pdf> > .
- MILLERAND Florence, HEATON Lorna et PROULX Serge, 2011, « Émergence d'une communauté épistémique. Création et partage du savoir botanique en réseau », in Serge PROULX et Annabelle KLEIN (dir.), *Connexions. Communication numérique et lien social*, Namur, Presses universitaires de Namur.
- MORETTI Franco et PESTRE Dominique, 2015, « Bankspeak: The Language of World Bank Reports », *The New Left Review*, n° 92, mars-avril, p. 75-99.
- MURPHY Michelle, 2012, *Seizing the Means of Reproduction: Entanglements of Feminism, Health, and Technoscience*, Durham (NC), Duke University Press.
- ORESKEs Naomi et CONWAY Erik M., 2010, *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*, New York, Bloomsbury Press.
- PESSIS Céline, TOPÇU Sezin et BONNEUIL Christophe (dir.), 2013, *Une autre histoire des « Trente Glorieuses ». Modernisation, contestations et pollutions dans la France d'après guerre*, Paris, La Découverte.
- PESTRE Dominique, 2003, *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, Paris, Quæ.
- 2008, « Challenges for the Democratic Management of Technoscience: Governance, Participation and the Political Today », *Science as Culture*, vol. 17, n° 2, juin, p. 101-119.

- 2013, *À contre-science. Politiques et savoirs des sociétés contemporaines*, Paris, Seuil.
- PRITCHARD Sara B., 2011, *Confluence: The Nature of Technology and the Remaking of the Rhône*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- ROSANVALLON Pierre, 2006, *La Contre-Démocratie. La politique à l'âge de la défiance*, Paris, Seuil.
- TOPÇU Sezin, 2014, *L'Agir contestataire à l'épreuve de l'atome. Critique et gouvernement de la critique dans l'histoire de l'énergie nucléaire en France (1968-2008)*, Paris, Seuil.
- TURNER Fred, 2006, *From Counterculture to Cyberculture: Stewart Brand, the Whole Earth Network and the Rise of Digital Utopianism*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- VIEILLE-BLANCHARD Élodie, 2011, *Les Limites à la croissance dans un monde global*, thèse de doctorat, EHESS, Paris.
- VRIES Marc de, 2005, *80 Years of Research at the Philips Natuurkundig Laboratorium (1914-1994)*, Amsterdam, Pallas Publications.
- WINTROUB Michael, 2000, « Court Society », in Arne HESSENBRUCH (dir.), *Reader's Guide to the History of Science*, Londres, Fitzroy Dearborn, p. 154-157.



KILL SMOG
before it
KILLS YOU!

SMOG KILLS
HELP STOP SMOG

SMOG
EXHAUSTS OUR
CITY VIEW
STOP

SMOG ELITE

SMOG KILLS!
PREVENT AN-
OTHER DONORA

SMOG

CLEAR AWAY
THE SMOG

SMOG

SMOG GREEN
SMOG RED
SMOG BLACK

7 Un siècle toxique. L'émergence de la « santé environnementale »

LINDA NASH

La « santé environnementale » désigne à la fois une condition matérielle et une perspective culturelle. L'expression naît dans les années 1930 parmi les spécialistes de santé publique et ne devient d'usage courant que dans les décennies qui suivent la Seconde Guerre mondiale. Bien sûr, les préoccupations sur le lien entre milieux et santé remontent loin dans le temps, comme en témoignent la tradition grecque autour d'Hippocrate (*Airs, eaux, lieux*), les pratiques ayurvédiques indiennes ou encore la médecine traditionnelle chinoise. Mais l'association entre santé et lieu fait alors tellement partie des axiomes de base que parler de santé *environnementale* est redondant. L'adjectif ne devient pertinent qu'*après* que les milieux ont été séparés de la santé des corps.

Les chercheurs s'accordent en effet sur le fait qu'un tournant s'est produit vers la fin du XIX^e siècle dans la compréhension de la santé et de la maladie. On date généralement de cette époque les débuts de la médecine scientifique et, même si nombre d'historiens contestent la dimension triomphaliste de ce récit, ils restent globalement d'accord que la théorie microbienne, comme mode de compréhension des maladies, a considérablement affaibli les rapports développés entre milieux et santé. Dans le sillage des découvertes de Louis Pasteur, une nouvelle génération de médecins et de professionnels de santé se met à situer de plus en plus les causes des maladies non dans le milieu environnant mais dans des bactéries, virus ou parasites spécifiques. Et la santé en vient alors à apparaître comme la question d'un corps autonome qui tient l'environnement à distance¹.

1. Rosen 1958, Tomes 1998.

◀ Manifestation contre la pollution à Los Angeles, 1955.

Ces évolutions intellectuelles de la médecine ont toutefois pris place, et là est le paradoxe le plus intéressant, dans une époque de changements environnementaux sans précédent. Alors que les sociétés européennes mettent à profit l'énergie du charbon et du pétrole, elles commencent à transformer leurs environnements de façon profonde, radicale, définitive. Certaines racines du concept moderne de santé environnementale remontent ainsi à la fin du XIX^e siècle et aux changements rapides, environnementaux, sociaux et corporels provoqués par l'industrialisation.

La santé dans le milieu industriel : de la pureté à la sécurité

Avant même que les professionnels de la médecine commencent à limiter leur regard à la santé du corps comme entité « autonome », l'industrialisation bouleverse l'environnement planétaire et suscite l'apparition de nouvelles maladies et épidémies. L'énorme quantité de main-d'œuvre qu'elle demande entraîne la formation d'un environnement nouveau, celui de la ville industrielle. Des lieux comme Chicago ou Manchester deviennent des centres caractérisés par la surpopulation, des conditions de vie misérables pour les ouvriers et une pollution inégalée de l'air et de l'eau. Les maladies infectieuses se mettent à faire des ravages dans les centres urbains d'Europe et d'Amérique du Nord. À la fin du XIX^e siècle, la théorie des germes fournit les réponses de base à ces épidémies : le rôle de l'environnement perd de son importance au profit d'une mise en avant des corps individuels, et tout particulièrement de corps se distinguant par leur race ; en Europe comme en Amérique du Nord, les minorités ethniques et raciales sont souvent visées comme « porteuses » de maladies dans des régions sans cela tenues pour saines¹.

Les niveaux désastreux de pollution urbaine, qui exacerbent les maladies connues, se mettent à en créer de nouvelles. Les densités élevées de population humaine et animale, combinées à la croissance des déchets industriels, transforment rivières et lacs en égouts fétides véhiculant la typhoïde ou le choléra. Les consommations de charbon lestent le ciel de fumées causant des maladies respiratoires et le rachitisme chez les enfants. Pour les réformateurs progressistes, les relations entre corps et environnement sont claires. Ils font le lien entre problèmes de santé et milieux pollués, et ils exercent des pressions sur les autorités locales pour que

1. Platt 2005, Tarr 1996, Hardy 1993, Kraut 1994, Leavitt 1996, Shah 2001.

des mesures soient prises – au moment même où la médecine rétrécit son champ d'action pour le ramener à l'échelle du corps¹.

Afin de satisfaire leurs besoins en ressources, les nations industrielles étendent leur contrôle sur des régions qui en sont riches. Tandis que des technologies nouvelles amènent des quantités inégalées de charbon, pétrole et minéraux à la surface de la terre, des foules de travailleurs sont transportées vers des sites invraisemblables tels que les puits de charbon du pays de Galles ou d'Amérique du Nord, les mines de cuivre en Afrique, ou encore les mines de phosphate en Polynésie. Les usines accumulent ces éléments, et les ouvriers se retrouvent à travailler dans des milieux confinés, de douze à quatorze heures par jour. Cette concentration a pour résultat un nombre croissant de maladies spécifiques : la « colique du plomb » (empoisonnement au plomb), la « pourriture du potier » (silicose), la « nécrose phosphorée » (empoisonnement au phosphore). Bien que nombre des maladies liées à des travaux particuliers soient connues de longue date, elles apparaissent dorénavant plus fréquemment et touchent de plus en plus de gens.

La toxicité de ces environnements suscite l'apparition de nouveaux métiers, de nouveaux mouvements. Ceux qui sont consacrés à la mise en évidence du lien entre symptômes de maladies et travail industriel forment une nouvelle discipline : l'hygiène industrielle. Que ce soit en Europe ou aux États-Unis, les réformateurs parcourent les usines, parlent avec les ouvriers de leurs maladies, suivent à la trace leurs différentes manifestations. Dans les années 1880, l'État allemand se met à exiger l'inspection régulière des industries du plomb et, en 1895, le gouvernement britannique crée la Commission sur les activités dangereuses. Sous la direction du médecin Thomas Oliver, cette commission produit un ouvrage pionnier dans l'histoire de la médecine du travail : *Les Industries et leurs dangers. Aspects historiques, sociaux et légaux des activités industrielles affectant la santé, de l'avis d'un comité d'experts*. Le rapport Oliver couvre le sujet de manière exhaustive, et accorde une attention particulière aux activités émettrices de poussière (poterie, industrie équipementière, production de cuivre, de fer et de zinc, extraction de pierres, textile) ainsi qu'aux secteurs utilisant des métaux toxiques tels que le mercure, l'arsenic, le plomb².

Aux États-Unis, le pilier du mouvement est Alice Hamilton – fille d'une très bonne famille du Midwest, bactériologiste de formation et membre du groupe de réforme progressiste de la Hull House de Chicago. En 1910,

1. Platt 2005, Melosi 1980, Mosley 2001.

2. Oliver 1902, Sellers 1997a, Corn 1992.

Hamilton participe dans l'Illinois aux travaux de la commission d'État chargée d'étudier la santé des travailleurs des « industries du poison ». Dans le rapport qui s'ensuit, elle fournit d'amples informations sur l'empoisonnement à grande échelle par le plomb dont l'industrie est le théâtre, ce qui provoque les premières réformes de médecine du travail dans l'histoire des États-Unis¹. Comme le suggère l'œuvre d'Oliver ou la carrière d'Hamilton, l'hygiène industrielle se préoccupe alors essentiellement du plomb – un composé longtemps reconnu comme toxique et devenu omniprésent à la fin du XIX^e siècle dans les céramiques industrielles, les batteries électriques, les tuyaux d'eau ou la peinture.

Dans les années qui suivent la Première Guerre mondiale, l'étude des maladies industrielles entre dans les laboratoires. En focalisant leurs recherches sur des produits chimiques spécifiques, une nouvelle génération de professionnels entreprend de mesurer leurs effets sur la santé de manière quantitative. Cette nouvelle science, la toxicologie, ramène les dangers du lieu de travail à des produits considérés comme des microbes, à des agents singuliers capables, en pénétrant dans l'organisme, de provoquer des symptômes précis. Ce faisant, la toxicologie véhicule les définitions étroites de la causalité et de la maladie données par la théorie des germes : ce n'est pas l'environnement global qui compte mais l'exposition à tel ou tel produit chimique spécifique².

Ces manières de faire sont aussi déterminées par le désir de rendre le travail plus efficace et par la présomption que les ouvriers sont par nature enclins à la dissimulation. Dans le référentiel de la toxicologie, seules les situations qui peuvent être liées quantitativement à une exposition mesurée et associées à un effet physiologique connu peuvent signaler une maladie d'origine chimique. Comme l'a affirmé Christopher Sellers, la toxicologie sert donc les intérêts des nouveaux professionnels scientifiques et ceux des directeurs d'entreprise. La toxicologie a beau être une science, elle est aussi le fruit d'un compromis politico-économique né de la période d'entre-deux-guerres. Les questions qui structurent la discipline obéissent moins à des idées générales concernant la « santé » qu'à des objectifs d'efficacité au travail et de productivité³.

Les représentations du corps forgées par la toxicologie se distinguent toutefois de celles rencontrées en bactériologie par un aspect important. Tandis que la bactériologie voit la santé comme le produit d'un corps pur tenant les germes à l'écart, la toxicologie y voit le résultat d'un

1. Grant 1967, Hamilton 1943.

2. Sellers 1997a (p. 141-186), Nash 2008.

3. Sellers 1997a (p. 159-169).

corps stable et équilibré – conception tirée de la nouvelle discipline de la physiologie expérimentale. Les nouveaux physiologistes considèrent le corps moins comme un contenant susceptible d'être contaminé que comme un système autorégulateur cherchant, selon les mots de Walter Cannon, professeur à Harvard, à atteindre des conditions d'« homéostasie ». S'inspirant du concept d'autorégulation, les toxicologues introduisent l'idée de seuil biologique selon lequel il existe un niveau d'exposition en deçà duquel le corps peut absorber et s'adapter aux substances polluantes sans encourir de dommages permanents. Découlant d'expériences en laboratoire sur des animaux, ces seuils deviennent la base des « niveaux de concentration sans danger » dans les usines. Il s'ensuit que les concepts de pureté environnementale et corporelle ne remplissent plus de rôle¹. La quête de la pureté corporelle est remplacée par celle d'une *sécurité* corporelle vis-à-vis d'expositions chimiques continues.

Le fait que le danger des produits chimiques se manifeste au-delà du lieu de travail est connu dès le début du siècle. La Grande-Bretagne s'est ainsi efforcée de réduire les émissions chimiques des usines en reconnaissant les dangers encourus par les populations avoisinantes. Au début des années 1900, les effets nocifs du plomb sur la santé sont aussi de notoriété publique. Ainsi la France en interdit-elle l'usage dans les peintures d'intérieur en 1909. Dix ans plus tard, la Société des Nations fait pression pour généraliser cette interdiction. Bien que plus de 40 pays rallient cette position, les États-Unis s'y refusent – du fait de la puissance de l'industrie du plomb, de l'isolationnisme qui prévaut alors et du poids de l'administration conservatrice². La production et l'utilisation du plomb dans les habitations et les produits de consommation restent donc extrêmement répandues durant presque tout le xx^e siècle dans ce pays.

Il n'y a toutefois pas que dans la peinture que le plomb représente un danger. À partir de la découverte dans les années 1860 des propriétés insecticides du « vert de Paris » (acéto-arsénite de cuivre), les fermiers américains adoptent les pesticides à base de métaux. Et ce sont les défis posés par la spongieuse ou bombyx disparate – un ravageur résistant au « vert de Paris » – qui encouragent l'adoption, en 1892, d'un nouveau composé de l'arsenic : l'arséniate de plomb. Dans le demi-siècle qui suit, cet insecticide reste le plus répandu (seul le DDT le surpassera), et les produits frais deviennent une source d'intoxication potentielle pour les consommateurs³.

1. Nash 2008, Sellers 1997a (p. 175-183), Sturdy 1988.

2. Halliday 1961, Warren 2000 (p. 57 et 62).

3. Whorton 1975.

Bien que les mêmes pesticides soient commercialisés en Europe, les fermiers ne les adoptent pas de façon aussi massive qu'aux États-Unis, et les gouvernements européens ont une approche beaucoup plus prudente. Les Français interdisent les insecticides à l'arsenic en 1846, et une deuxième fois en 1916, tandis que le gouvernement britannique établit en 1903 des normes strictes sur les produits alimentaires de 0,01 grain d'arsenic par livre. Les législateurs américains sont tout aussi préoccupés mais sont contraints par leur manque d'autorité : les États-Unis ne limitent l'usage de l'arsenic qu'en 1927, à la suite d'un cas d'empoisonnement largement relayé par les médias, et sous la menace d'un embargo britannique sur les produits américains¹. Les législateurs se tournent aussi vers les toxicologues industriels pour qu'ils déterminent les seuils de concentration sans danger. La logique qui prévaut à l'usine se trouve ainsi devenir la règle dans l'espace public. Et l'accent mis par la toxicologie sur la notion de seuil biologique en deçà duquel aucun dommage sérieux ne peut se produire alimentaire, pendant des décennies, le discours de niveaux « sans danger » dans notre environnement et nos corps².

Pendant la Seconde Guerre mondiale et le boom économique d'après guerre, la production et la consommation de plomb augmentent considérablement. Quantité de maisons construites dans l'après-guerre sont envahies de plomb – ce qui implique une exposition continue du grand public sur des dizaines d'années. Bien que le risque soit alors général, tout le monde n'est pas égal quant au degré d'exposition. Du fait de la faiblesse de la réglementation, les Américains sont les plus exposés ; et à l'intérieur du pays, ceux qui en souffrent le plus sont les populations pauvres et non blanches confinées dans l'habitat décati des centres-villes. Au début des années 1950, une épidémie d'empoisonnement au plomb est repérée parmi les enfants pauvres des villes. Ce n'est pourtant qu'en réponse à l'activisme des années 1960 que les premières mesures sérieuses sont prises. Mais le présupposé toxicologique selon lequel il existe un niveau d'exposition au plomb « sans danger » mène ces essais de réforme dans l'impasse. Ce n'est qu'en 1976 que les États-Unis interdisent la peinture au plomb et amorcent la suppression progressive de l'essence au plomb³. Le plomb reste

1. Le standard américain pour l'arsenic établi en 1927 fut affaibli en 1940 sous l'influence des producteurs de fruits et leurs alliés politiques. Cf. Whorton 1975 (p. 68-92 et 133-175).

2. Warren 2000. La promulgation d'un standard pour le plomb fut retardée par l'absence de méthode de détection rapide et simple de ce métal ; des progrès dans les méthodes analytiques permirent l'adoption d'une réglementation sur les taux maximaux de plomb dans les produits alimentaires en 1933. Cf. Whorton 1975 (p. 220-221), Sellers 1997a (p. 200-209).

3. Selon Warren, la consommation de plomb s'est accrue de 70 % aux États-Unis entre 1939 et 1944. Cf. Warren 2000 (p. 134-177, chiffres p. 173). Jusqu'à la fin des années 1960, l'administration de santé

toutefois très présent dans l'environnement et le corps humain : la répartition géographique de l'empoisonnement a simplement évolué. L'exposition au plomb est maintenant plus importante dans certains pays en développement, et il n'est guère facile de se débarrasser des produits saturés de plomb une fois qu'ils existent. Ils sont dans les déchetteries, transportés par bateaux dans les régions les plus pauvres du globe pour y être recyclés, entraînant parfois – comme cela a été le cas pour la Chine ou l'Uruguay – des crises majeures de santé publique. Et l'histoire d'amour de la société moderne avec le plomb continue : on extrait aujourd'hui plus de plomb que jamais auparavant¹.

Mais le plomb n'est pas tout et l'industrialisation a produit aussi une pléthore de composés dérivés du charbon et du pétrole. Alimentée au départ par les demandes des armées et, aux États-Unis et en Allemagne, par des systèmes de brevet récompensant généreusement les inventeurs individuels, une quête effrénée de nouveaux produits synthétiques démarre à la fin du XIX^e siècle. Les candidats à l'invention se livrent à des expériences sur toutes sortes de matériaux mais les extraits de goudron de houille, dérivés du procédé de cokéfaction, sont les ingrédients clés des nouvelles substances, notamment des teintures et explosifs. Avec ses importantes ressources en charbon et la qualité de son système technique, l'Allemagne domine la production de colorants et teintures. Les usines chimiques commencent à se répandre le long du Rhin à la fin des années 1800, et en 1895 un médecin allemand fait état de nombreux cas de tumeurs à la vessie parmi les employés des usines de colorants et chez des riverains vivant en aval².

Même si le charbon demeure la principale source de matières premières chimiques jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, les compagnies pétrolières commencent à créer des dérivés du pétrole dès les années 1900. L'un des tout premiers est le toluol (1903), ingrédient de la dynamite. La découverte du procédé de craquage du pétrole en 1908, qui permet de réduire les grosses molécules de carbone et de produire des carburants plus légers et faciles d'utilisation, donne naissance à de nouveaux

publique du pays soutenait qu'un niveau de plomb dans le sang de 60 µg/l était acceptable. Cette norme a ensuite été baissée pour atteindre 5 µg/l en 2012, et les scientifiques s'accordent pour avancer que ce taux devrait être de 0 ou proche de 0. Markowitz et Rosner 2013 (p. 18), Pirkle *et al.* 1994.

1. « Lead Poisoning in China: The Hidden Scourge », *The New York Times*, 5 juin 2011 ; Renfrew 2012. La production mondiale de plomb s'est accrue de 38 % depuis 1970 pour atteindre 4,7 millions de tonnes. US Geological Survey, « Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the US », Data Series 140, < <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/#data> > (consulté le 2 décembre 2013). En 2006, l'Union européenne a interdit le plomb dans tous les produits ; les autres pays n'ont pas suivi cette voie.

2. Cioc 2002 (p. 112-130).

produits. La perturbation des chaînes d'approvisionnement au cours de la Première Guerre mondiale incite au développement de substituts synthétiques, et les compagnies pétrolières accouchent, dans l'entre-deux-guerres, de nouvelles fibres synthétiques comme le nylon, des caoutchoucs de synthèse (Néoprène), des plastiques (Téflon, PVC)¹, etc.

La Seconde Guerre mondiale ne fait qu'accroître le développement de l'industrie chimique, notamment aux États-Unis où les besoins créés par la guerre suscitent d'énormes investissements fédéraux. À la fin du conflit, les fabricants du pays ont commencé à remplacer les matériaux conventionnels utilisés jusque-là par des produits synthétiques. Les maisons, construites auparavant en bois, verre, métal, plâtre et briques, sont dorénavant emplies de contreplaqué, amiante, plastiques. L'alimentation connaît quant à elle une « révolution gastrochimique » et les vêtements, faits auparavant en coton ou en laine, sont de plus en plus fabriqués à partir de Nylon ou de polyester².

Le passage rapide de sociétés construites sur les hydrates de carbone issus de la biomasse à des sociétés basées sur les dérivés du pétrole et du charbon constitue une révolution des fondements matériels de la vie. Au cours du xx^e siècle, les nouvelles industries de la pétrochimie et du plastique œuvrent avec succès à la mise à l'écart des questions sur les effets de leurs produits sur la santé et l'environnement – faisant au contraire de ces produits les symboles de la culture et de l'économie modernes. La société DuPont le formule à sa façon dans un slogan célèbre de 1933 : « Améliorez votre vie, avec de meilleurs produits... grâce à la chimie³. »

Au moment où retentissent ces mots d'ordre modernisateurs, des dizaines de cas de cancers de la vessie sont diagnostiqués chez DuPont, à la production de colorants. Reconnaisant la possibilité que l'entreprise ait une part de responsabilité, DuPont crée un laboratoire de toxicologie en 1934 et met à sa tête le médecin allemand Wilhelm Hueper. Celui-ci démontre que l'un des produits phares de l'entreprise, la bêta-naphtylamine, provoque le cancer de la vessie chez les chiens. Une exploration aussi approfondie des risques encourus par les travailleurs ne correspond toutefois pas à ce que DuPont a en tête, et Hueper est démis de ses fonctions après seulement trois ans d'exercice⁴.

1. Spitz 1988, Aftalion 1991.

2. US Public Health Service 1962 (p. 21), White 1994 (p. 211-236).

3. Morris et Ahmed 1992, Meikle 1995.

4. Hueper 1938 (p. 255), Sellers 1997*a*. DuPont monta ensuite des accusations selon lesquelles Hueper était un nazi, puis un communiste. Proctor 1995 (p. 39-40 et 43).

L'emballage et la transformation des produits alimentaires sont parmi les premiers domaines où l'on utilise les dérivés de produits pétroliers. Mais les consommateurs sont sceptiques et, au début du siècle, les préoccupations suscitées par l'utilisation dans l'alimentation d'ingrédients artificiels conduisent à des réformes dans une bonne partie de l'Europe et des États-Unis. En 1905, la France légifère sur la fraude et la falsification en matière de produits alimentaires; l'année suivante, les États-Unis votent la loi sur la pureté de la nourriture et des médicaments, dont le texte donne au Bureau de chimie du gouvernement fédéral le pouvoir de saisir toute nourriture susceptible de contenir des ingrédients « dangereux pour la santé ». Le premier directeur du département, Harvey Wiley, est un réformateur convaincu dédié à l'idée de nourriture « pure¹ ».

Wiley et son administration sont chargés de déterminer quels produits chimiques sont « dangereux pour la santé » et doivent donc être bannis. La loi part du principe que l'origine des problèmes se trouve dans les composés chimiques entrant dans la nourriture « pure » et qu'il est possible de les traiter au cas par cas. Wiley parvient ainsi à faire interdire les conservateurs alimentaires les plus dangereux et à limiter le nombre des colorants utilisés. Cependant, les tribunaux tendent à faire peser la charge de la preuve sur le gouvernement. Et avec le développement rapide de l'industrie chimique alimentaire et l'augmentation continue des produits transformés dans l'entre-deux-guerres, des milliers de produits chimiques entrent dans l'alimentation sans avoir subi de tests².

L'écologie des corps et la santé environnementale

La Seconde Guerre mondiale marque un tournant environnemental pour le monde industrialisé. La guerre fait exploser la demande en métaux, pétrole et innovations chimiques. Par ailleurs, la découverte d'insecticides très efficaces, la production de masse de nouveaux produits de consommation à base de pétrole et la poursuite effrénée de l'armement nucléaire engendrent des effets aux ramifications multiples sur l'eau, l'air et les sols. Il devint très vite évident que ces changements affectent aussi les corps humains, et l'idée que la santé est largement indépendante de l'environnement se voit rapidement abandonnée.

1. Dessaux 2007, Junod 2000.

2. White 1994 (p. 1-161). La Grande-Bretagne donna suite, interdisant le formaldéhyde, l'acide salicylique et l'acide borique en 1925. French et Phillips 2000. Wiley ne parvint cependant pas à obtenir l'interdiction de la saccharine, cf. Junod 2000.

Les audiences Delaney et les origines

À partir de 1950-1952, la Chambre des représentants américaine organise une série de consultations sur les additifs chimiques destinés à l'alimentation. L'Agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux (FDA) rencontre depuis les années 1910 des difficultés à réguler les additifs alimentaires. À la date d'ouverture des audiences, la FDA estime à plus de 700 les produits chimiques utilisés couramment pour la transformation des produits alimentaires, admettant qu'environ 300 sont présumés dangereux ou n'ont pas été testés. Les témoignages mettent en évidence les préoccupations des experts et des consommateurs quant aux effets à long terme sur la santé de ces mutations de l'industrie des aliments. James Delaney, qui préside ces audiences, fait part de l'inquiétude montante sur la nature potentiellement cancérigène de certains produits chimiques utilisés dans l'alimentation.

Malgré l'échec des États-Unis dans leur tentative d'agir fermement contre les résidus de pesticides dans l'alimentation, le Congrès fait passer en 1958 l'interdiction d'utiliser dans les produits alimentaires transformés tout produit chimique connu ou passant pour être cancérigène. Cependant, quelques années plus tard, le Congrès approuve l'ajout d'une exception autorisant la poursuite de l'usage de substances cancérigènes dans l'alimentation animale. Le recours aux hormones synthétiques est alors en jeu, notamment le diéthylstilbestrol (DES), utilisé abondamment dans les fermes américaines pour engraisser le bétail et la volaille.

L'idée derrière cette mesure est de permettre à l'industrie de l'élevage d'utiliser ces hormones si elles sont indétectables dans la viande qui arrive au consommateur.

À la fin des années 1950, une spécialiste de biologie marine américaine et écrivaine scientifique s'attaque à l'écriture d'un livre sur les effets perturbateurs d'une nouvelle classe de pesticides de synthèse. En 1962, Rachel Carson publie *Un printemps silencieux*, qui devient rapidement un classique. Au cœur sont le DDT et d'autres composés organochloriques, des produits extraordinairement efficaces contre la plupart des insectes, tout en ayant une faible dangerosité pour les mammifères. Le monde agro-industriel adopte donc ces nouvelles substances et voit en elles une solution alternative aux menaces que font peser sur la santé les pesticides à base de métaux.

L'ouvrage de Rachel Carson repose sur l'idée que la prolifération dans l'environnement de ces nouvelles substances compromet la santé humaine par des voies insoupçonnées mais potentiellement catastrophiques. Carson s'appuie, pour étayer sa thèse, sur les avancées de la toxicologie, notamment sur le travail de Wilhelm Hueper, ainsi que sur les informations accumulées lors d'une série d'audiences tenues entre 1950 et 1952

de l'évaluation des risques réglementaires

Au bout de quelques années, toutefois, les autorités détectent régulièrement du DES dans la viande, du fait de l'adoption de méthodes d'analyse chimique plus précises. Décidée à ne pas interdire l'usage d'un produit extrêmement rentable, la FDA prend le parti de mettre sur pied un nouveau cadre réglementaire. En 1973, de nouvelles dispositions « sur la précision de la méthode », limitées à cette catégorie très restreinte de substances utilisées pour la nourriture animale, remplacent la notion d'« absence de résidus » par celle d'« absence de risque significatif », et déclarent que, tant que la méthode de détection est capable d'établir l'« absence de risque significatif », il s'agit d'une méthode acceptable.

Selon la définition de la FDA, l'« absence de risque significatif » pour tout produit chimique donné résulte de la combinaison de deux facteurs : la puissance de la substance chimique et la dose probable à laquelle sont soumis les individus. Cependant, l'Agence souligne aussi que le niveau correspondant à une « absence de risque significatif » pour chaque substance est susceptible d'être abaissé à l'avenir à mesure que les technologies de détection et les connaissances à ce sujet progresseront. Bien que la proposition ne s'applique qu'à une poignée de produits chimiques, les représentants de l'industrie l'attaquent avec véhémence et en appellent à une définition fixe et non pas mobile. L'Agence donne sa réponse en 1979 : l'« absence de risque significatif » est établie comme un risque de cancer par individu de 1 pour 1 million. Durant la décennie qui suit, la méthode de la FDA et le niveau de risque acceptable de 1 pour 1 million deviennent les standards de la réglementation américaine.

au Congrès américain sur les résidus de pesticides et les additifs alimentaires (voir l'encadré « Les audiences Delaney... », ci-dessus). Mais Carson ne considère pas les corps humains comme des entités séparées de leur environnement par des frontières imperméables. Elle fait plutôt référence à l'écologie des systèmes et à la biologie évolutionniste pour affirmer que perturber les milieux revient en fin de compte à perturber leurs habitants : les conditions écologiques sont au cœur de la santé humaine.

Bien que Carson se soit concentrée sur les pesticides agricoles, son livre rencontre un écho retentissant – signe que de plus en plus de gens considèrent que le monde est pollué. L'étalement urbain, le développement rapide des industries, ainsi que l'explosion du recours aux combustibles fossiles, transforment les pollutions de l'eau ou de l'air en sujets majeurs. Dès le début des années 1940, le « smog » est un problème récurrent à Los Angeles. En 1948, un pic de pollution plus long qu'à l'ordinaire entraîne la mort de 19 personnes et cause des maladies chez un tiers des habitants de la ville de Donora, en Pennsylvanie. Quatre ans après,

un « smog meurtrier » affecte plus de 100 000 personnes à Londres et est plus tard identifié comme à l'origine de 4 000 décès. Bien que les experts en santé publique expriment leurs inquiétudes au sujet de la pollution de l'eau depuis la fin du XIX^e siècle, ces enjeux montent d'un cran après guerre.

Carson fait aussi référence à une autre source d'inquiétudes, à savoir les dangers des retombées radioactives et le développement d'armes nucléaires toujours plus puissantes. Les retombées nucléaires sont l'objet de préoccupations après la Seconde Guerre mondiale, à un moment où les États-Unis poursuivent des campagnes d'essais nucléaires permanents. Ce n'est toutefois qu'à la suite d'incidents graves au milieu des années 1950 que les dangers des retombées parviennent aux oreilles du public. Un essai mené en 1954 dans l'océan Pacifique sur l'atoll de Bikini – là où les États-Unis ont fait exploser leur première bombe H – entraîne la contamination massive de l'est de l'océan. Au rang des victimes, on compte l'équipage d'un bateau de pêche japonais. Quand les pêcheurs rentrent au pays, la possibilité que les produits alimentaires soient eux-mêmes contaminés déclenche une panique. Plus de 30 millions de Japonais signent des pétitions réclamant l'arrêt des essais. Le Congrès américain annonce la tenue d'audiences tandis que l'Académie des sciences américaine et le Comité de la recherche médicale britannique lancent des études sur les dangers de la radioactivité pour la santé¹. Les risques associés à l'irradiation ont alors de profondes répercussions sur la notion de sécurité corporelle. On est en effet en présence d'un danger nouveau et invisible susceptible de parcourir de longues distances et d'entrer à l'abri des regards dans l'alimentation. Qui plus est, la radiation est connue pour affecter non seulement les personnes exposées mais aussi les fœtus. Alors qu'une nouvelle génération de scientifiques activistes s'attache à faire connaître les dangers des retombées radioactives, des populations entières prennent conscience de leur vulnérabilité partagée face à ces produits nouveaux.

Ces transformations matérielles à grande échelle contribuent à faire évoluer les représentations de la santé, tant parmi les experts que dans le public non initié. Basées pendant plus de cinquante ans sur une conception du corps comme séparé et imperméable, les idées qui gouvernent la santé publique sont gravement entamées dans les années 1960 par les réalités des pollutions environnementales. La réapparition ou, plutôt, la persistance de préoccupations publiques quant aux milieux de vie et leurs effets sur la santé réactive alors les mouvements réclamant un contrôle renforcé de l'industrie et des réformes environnementales.

1. Carson 1962, Whittemore 1987 (p. 505-549), Boudia 2007.

En 1960, le Congrès américain organise des auditions sur la « santé environnementale ». Celles-ci mettent en évidence les problèmes associés aux déchets nucléaires, à la pollution de l'air et de l'eau, ainsi qu'aux produits chimiques présents dans l'alimentation et sur les lieux de travail. Deux ans plus tard, un comité d'experts chargé d'examiner ces questions critique la séparation institutionnelle des programmes de santé humaine et environnementale au sein de l'administration américaine et en préconise la refonte. À la fin des années 1960, le mouvement environnemental moderne est devenu une force politique majeure qui fait reconnaître l'importance des effets des pollutions sur la santé¹.

Un printemps silencieux rencontre un énorme écho en Europe mais aussi au Japon, montrant qu'une même anxiété parcourt le monde industrialisé. De tous les pays concernés, la Suède seule prend des mesures précoces et vigoureuses contre les pesticides, faisant interdire le DDT dès 1969. Dans le même temps, les représentants des industries et gouvernements britanniques et français continuent de décrire le problème des pesticides comme spécifique aux États-Unis, sous prétexte que le système agricole y est largement plus industrialisé et la réglementation moins robuste².

De toute évidence, l'avènement de la médecine moderne, l'accent qu'elle met sur les microbes et l'imperméabilité des corps ainsi que la séparation qu'elle établit entre santé humaine et environnement permettent que les transformations environnementales sans précédent qui ont lieu se déploient sans examen sérieux des conséquences possibles sur la santé. Qui plus est, les experts, tout comme les non-spécialistes, adhèrent toujours en grand nombre au récit héroïque du progrès médical et scientifique, affirmant que la découverte de ces nouveaux problèmes atteste en premier lieu du succès rencontré dans la résolution des problèmes antérieurs³.

Au milieu des années 1960, des manifestations populaires mettent les gouvernements nationaux à l'épreuve et les contraignent à prendre des mesures pour combattre la pollution de l'environnement. Les États-Unis s'attaquent au départ avec bien plus de vigueur à la régulation des polluants que les pays européens ou le Japon, faisant passer des mesures limitant sévèrement la pollution de l'air et de l'eau et réclamant l'évaluation des conséquences environnementales des activités. Dans leur recherche de modèles de régulation, les membres de l'administration américaine se réfèrent aux domaines de la toxicologie et de la santé au travail.

1. US Public Health Service 1962, Hays 1987.

2. Stoll 2012.

3. Voir par exemple US Public Health Service 1962, Hays 1987.

En 1970, le Congrès américain adopte la loi de la sécurité et de la santé au travail, attribuant au ministère du Travail le pouvoir d'établir les seuils réglementaires d'exposition chimique. Quelques années plus tard, la loi sur l'eau potable (1974) et celle sur le contrôle des substances toxiques (1976) donnent à l'Autorité américaine de protection de l'environnement le pouvoir de décider des seuils réglementaires pour l'environnement dans son ensemble¹. Cependant, alors que ces lois sont débattues et votées, les représentations du corps et de ses relations à l'environnement se voient transformées une nouvelle fois.

De la sécurité au risque dans un monde saturé de chimie

La fin du xx^e siècle marque, selon l'expression d'Ulrich Beck, l'avènement d'une « société du risque² ». Selon Beck, la prolifération en apparence sans fin de risques pour la santé et l'intégrité de l'environnement constitue un produit de la modernisation capitaliste. Au-delà du fait que l'industrialisation introduit de nouvelles menaces, c'est la représentation de celles-ci sous la forme de « risques » plutôt que de « dangers » ou de « maladies » qui marque un tournant dans les politiques et discours. Alors que l'idéal « sécuritaire » reconnaît comme inévitable la pénétration dans le corps de substances dangereuses, experts et administrations maintiennent l'existence de niveaux en dessous desquels le corps est en mesure de réparer les dommages et donc de se prémunir contre toute atteinte sérieuse. La notion de risque, à l'opposé, repose sur l'idée que la sécurité, tout comme auparavant la pureté, est une chimère et que les risques pour la santé sont inhérents au monde moderne, et par là même inévitables. Considérée sous cet angle, la santé devient alors une notion relative, un état résultant d'une pesée des risques les uns par rapport aux autres, et de leur mise en rapport avec certains bénéfices.

Le « risque » fait partie de la langue et de la culture communes ; « l'évaluation des risques », en revanche, est une technique bureaucratique qui transforme la notion en un élément opérationnel de législation environnementale. Les efforts américains d'encadrement des programmes nucléaires et des additifs alimentaires carcinogènes en sont à l'origine. La radioactivité et les produits chimiques cancérigènes posent problème aux autorités lorsqu'elles tentent de déterminer des niveaux de « sécurité » en deçà desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Reconnaisant qu'il est alors

1. Andrews 1999.

2. Beck 1992.

problématique de donner l'assurance qu'il n'y a pas de danger – et refusant d'arrêter la production d'armes nucléaires comme l'utilisation alimentaire de produits chimiques –, le gouvernement américain se dédouane de ses responsabilités de garant de la sécurité publique.

Les scientifiques savent depuis le milieu des années 1920 que l'exposition aux radiations a des effets génétiques sur plusieurs générations sans qu'il soit possible de déterminer un quelconque niveau de seuil ou de sécurité. Une de leurs caractéristiques est en effet qu'on ne peut les observer que statistiquement, sous la forme d'une augmentation générale du nombre des mutations au sein d'une population. Comme certaines de ces mutations se produisent naturellement, il est impossible de dire si une mutation individuelle particulière est due à l'irradiation, à l'exposition à des produits chimiques, ou si elle serait advenue de toute façon. De plus, des risques élevés au sein d'une population peuvent être relativement bas à l'échelle d'un individu. Ce paradoxe permet aux experts (du nucléaire notamment), en se focalisant uniquement sur le niveau faible de risque pour l'individu, de minimiser l'importance des menaces. Il devient aussi possible de comparer pour chaque individu, du moins de façon rhétorique, les dangers des radiations nucléaires avec les risques attachés au rayonnement naturel, aux lieux de travail, ou même à la conduite d'une automobile. Par ailleurs, la Commission à l'énergie atomique américaine (AEC) ne se lasse jamais de mettre en avant, en ces temps de guerre froide, la menace que représente l'Union soviétique pour la sécurité du pays. De façon implicite, et bien qu'elle ne le présente jamais de cette manière, l'AEC se livre à une analyse coût-bénéfice dont il résulte que les coûts pour la santé des Américains de l'exposition aux radiations sont plus qu'équilibrés par les bénéfices incommensurables découlant de la supériorité nucléaire des États-Unis¹.

Une telle façon de considérer les problèmes de santé comme des risques nécessaires pris pour s'assurer des bénéfices plus grands conduit à faire accepter comme normaux les effets sur la santé qu'entraînent certains niveaux de radiation. Reconnaisant qu'il n'y a pas de quantité sans risque en matière de radioactivité, la principale agence de réglementation américaine, le Comité national sur la protection contre les radiations, rétablit tranquillement sous un autre nom les standards de 1948, sans changement du niveau d'exposition autorisé. La « quantité tolérée » de radiation est renommée « quantité maximale permise² ».

Au milieu des années 1950, au moment même où se déroule la crise

1. Whittemore 1987 (p. 135-217), Walker 2000, Boland 2002 (p. 496-617).

2. Whittemore 1987 (p. 322-323).

suscitée par les retombées des essais nucléaires, l'Agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux (FDA) rencontre beaucoup de difficultés en interne à réguler l'explosion, dans l'alimentation, de produits chimiques dont certains passent pour être cancérigènes. En 1958, le Congrès américain décide de remédier aux préoccupations montantes dues au fait qu'il ne semble pas y avoir de niveau d'exposition « sans risque » à un produit cancérigène. Un amendement à la loi sur les additifs alimentaires connu sous le nom d'amendement Delaney se fait l'écho du vieux principe de pureté en interdisant l'utilisation de produits potentiellement cancérigènes dans les produits alimentaires transformés. La loi est pourtant établie de façon assez pragmatique, puisqu'elle laisse hors de son périmètre de nombreux additifs déjà rentrés dans les usages courants. À l'époque cependant, les États-Unis sont le seul pays à prendre de telles précautions¹.

Les difficultés qu'il y a à défendre la pureté à grands coups de lois dans un marché alimentaire déjà saturé de produits chimiques deviennent cependant manifestes : au cours des vingt années qui suivent, la FDA rompt avec sa politique de blocage des produits cancérigènes. Dans les années 1970, elle met en place un programme basé sur la « modularité des méthodes » et fait du concept de risque le pilier de sa réglementation. Cette évolution culmine en 1979, avec la mise au point d'un standard numérique de « risque acceptable » pour les produits cancérigènes dans l'alimentation (1 pour 1 million). Ce faisant, l'évaluation quantitative du risque pénètre désormais l'univers de la consommation.

La méthode est adoptée comme principe par les acteurs industriels et les leaders politiques conservateurs qui cherchent alors à contrecarrer les réglementations environnementales du tournant des années 1960-1970 ; l'évaluation des risques est vue par eux comme un moyen de faire entrer les analyses coût-bénéfice dans les réglementations sur la santé et l'environnement, au mépris de la résistance populaire à l'idée que la santé humaine puisse être évaluée en termes économiques. Les tribunaux et l'administration présidentielle qui tentent de limiter le pouvoir des agences mettent en avant l'évaluation des risques comme une approche et un encadrement plus « scientifiques » de la santé environnementale.

Ce faisant, les préoccupations de la population en matière de toxicité explosent, embrasées par une série de désastres majeurs. En 1976, une explosion à l'usine chimique ICMESA en Italie, à Seveso, relâche de la dioxine et entraîne la mort de plus de 3 000 bêtes de ferme. En 1978, l'histoire de la communauté de Love Canal contaminée par des produits

1. Vogel 2013 (p. 34-38), FAO / WHO Expert Committee on Food Additives 1961.

chimiques à Niagara Falls dans l'État de New York devient une affaire nationale qui lève le voile sur l'existence de milliers de sites de déchets toxiques à travers le pays. Un an plus tard, la fusion partielle du réacteur de la centrale nucléaire de Three Mile Island en Pennsylvanie conduit à l'évacuation de 140 000 personnes. Enfin, en 1982, l'usine d'Union Carbide en Inde, à Bhopal, explose, relâchant une foule de gaz toxiques ; plus de 3 000 personnes y trouvent la mort et 500 000 personnes sont blessées dans ce qui demeure aujourd'hui le pire accident industriel au monde.

Alors que les toxiques deviennent une source majeure d'inquiétudes pour les populations, l'évaluation quantitative des risques gagne en visibilité. En 1983, le Conseil national de la recherche des États-Unis fait de l'évaluation des risques un cadre réglementaire propre à déterminer les dangers et à établir les priorités dans de multiples domaines. Des personnalités de premier plan de l'administration du président Ronald Reagan adoptent publiquement l'évaluation des risques comme un moyen efficace pour établir des priorités parmi les réglementations sur l'environnement et la santé de la décennie précédente, considérées comme excessives, afin de les limiter.

Ainsi, au début des années 1990, les méthodologies du risque ont largement remplacé la notion de sécurité dans les politiques réglementaires américaines. Face à leurs promoteurs qui soutiennent que l'évaluation du risque rend les politiques environnementales plus scientifiques et moins ouvertes au politique, des voix s'élèvent pour affirmer que de tels procédés ne font rien de moins que travestir les jugements politiques et sociaux en décisions techniques afin de limiter l'intervention du public. Selon une idée moins souvent avancée, l'avènement de l'évaluation du risque signe la victoire de l'application aux domaines de la santé et du corps de la logique de marché. Et tandis que la méthode acquiert ses lettres de noblesse à l'intérieur du pays, son intégration aux accords commerciaux internationaux rend possible sa diffusion auprès des principaux partenaires américains. Ce changement politique et professionnel n'a toutefois jamais été approuvé ni même débattu publiquement. La plupart des gens – aux États-Unis ou dans le reste du monde – attendent toujours des gouvernements qu'ils assurent leur *sécurité* face aux dangers d'un environnement contaminé. Cette divergence de vues devient manifeste lors des nombreuses controverses qui opposent régulateurs et scientifiques adeptes de l'idée d'un « risque » négligeable, et collectifs revendiquant la hausse des niveaux de sécurité et de précaution.

Conclusion

Ainsi le terme de « santé environnementale » est-il un produit du xx^e siècle et du monde industrialisé. Il fait état d'une séparation intellectuelle entre les corps et leurs écologies tout autant que leurs liens indéfectibles. Mais la question de savoir comment ces liens doivent être compris reste la source de nombreuses controverses. Le système de régulation mis en place au début du xx^e siècle est construit sur la double idée que les corps sont relativement imperméables et que les menaces de santé environnementale sont limitées en nombre et peu reliées les unes aux autres. Quand il devient évident que des centaines de substances polluantes pénètrent le corps humain et que des dizaines de milliers sont présentes dans l'environnement, les autorités de régulation se retrouvent confrontées à une mission impossible. Tandis que la population réclame la sécurité, les industriels déclarent que seuls les produits chimiques les plus dangereux justifient une réglementation directe, et seulement s'ils sont présents en grande quantité. Les travaux scientifiques s'accumulent néanmoins pour saper les fondements de telles affirmations. Une exposition à de faibles doses est susceptible d'engendrer des effets substantiels. À l'échelle d'une vie, ces effets peuvent créer des synergies et s'accumuler. Tandis que le nombre et le niveau des expositions sont bien supérieurs dans la plupart des cas à ce qui était anticipé.

Ceux qui ont le plus d'intérêts à l'expansion des industries nucléaire et chimique cherchent alors, en réponse, à déplacer les réglementations vers des solutions plus accommodantes. C'est le cas, par exemple, des systèmes mettant en balance les coûts (ou risques) avec des bénéfices prétendus. La « société du risque » dans laquelle nous nous trouvons aujourd'hui est non seulement un monde plein de ces dangers engendrés par le capitalisme industriel, mais aussi un monde dans lequel la plupart d'entre nous en sommes venus à appréhender notre santé – ainsi que celle de nos enfants – sous la forme privilégiée du calcul économique.

Traduit par Clara Breteau

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFTALION Fred, 1991, *A History of the International Chemical Industry*, Philadelphie (PA), University of Pennsylvania Press.
- ANDREWS Richard N.L., 1999, *Managing the Environment, Managing Ourselves:*

- A History of American Environmental Policy*, New Haven (CT), Yale University Press.
- BECK Ulrich, 2008 [1992], *La Société des risques*, Flammarion.
- BOLAND Joseph B., 2002, *The Cold War Legacy of Regulatory Risk Analysis: The Atomic Energy Commission and Radiation Safety*, Ph.D., University of Oregon.
- BOUDIA Soraya, 2007, «Global Regulation: Controlling and Accepting Radioactivity Risks», *History and Technology*, vol. 23, n° 4, décembre, p. 389-406.
- CARSON Rachel, 2014 [1962], *Printemps silencieux*, Wildproject Éditions.
- CIOC Mark, 2002, *The Rhine: An Eco-Biography (1815-2000)*, Seattle (WA), University of Washington Press.
- CORN Jaqueline, 1992, *Response to Occupational Health Hazards: A Historical Perspective*, New York, Van Nostrand Reinhold.
- DESSAUX Pierre-Antoine, 2007, «Chemical Expertise and Food Market Regulation in Belle Époque France», *History and Technology*, vol. 23, n° 4, décembre, p. 351-368.
- FAO / WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, 1961, *Evaluation of the Carcinogenic Hazards of Food Additives*, Genève, World Health Organization.
- FRENCH Michael et PHILLIPS Jim, 2000, *Cheated Not Poisoned? Food Regulation in the United Kingdom (1875-1938)*, Manchester, Manchester University Press.
- GRANT Madeleine P., 1967, *Alice Hamilton: Pioneer Doctor in Industrial Medicine*, Londres, Abelard-Schuman.
- HALLIDAY E.C., 1961, *A Historical Review of Atmospheric Pollution*, World Health Organization, Monograph Series n° 46.
- HAMILTON Alice, 1943, *Exploring the Dangerous Trades: The Autobiography of Alice Hamilton, M.D.*, Boston (MA), Little, Brown & Company.
- HARDY Anne, 1993, *The Epidemic Streets: Infectious Disease and the Rise of Preventive Medicine (1856-1900)*, Oxford, Oxford University Press.
- HAYS Samuel P., 1987, *Beauty, Health, and Permanence: Environmental Politics in the United States (1955-1985)*, New York, Cambridge University Press.
- HUEPER Wilhelm C., 1938, «Cancer of the Urinary Bladder in Workers of Chemical Dye Factories and Dyeing Establishments», *Journal of Industrial Hygiene*, vol. 16, n° 4.
- JUNOD Suzanne W., 2000, «Food Standards in the United States: The Case of the Peanut Butter and Jelly Sandwich», in David F. SMITH et Jim PHILLIPS (dir.), *Food, Science, Policy, and Regulation in the Twentieth Century: International and Comparative Perspectives*, New York, Routledge, p. 167-188.
- KRAUT Alan M., 1994, *Silent Travelers: Germs, Genes, and the «Immigrant Menace»*, New York, NY, BasicBooks.
- LEAVITT Judith W., 1996, *Typhoid Mary: Captive to the Public's Health*, Boston (MA), Beacon Press.
- MARKOWITZ Gerald et ROSNER David, 2013, *Lead Wars: The Politics of Science and the Fate of America's Children*, Berkeley (CA), University of California Press.
- MEIKLE Jeffrey L., 1995, *American Plastic: A Cultural History*, New Brunswick (NJ), Rutgers University Press.
- MELOSI Martin, 1980, *Pollution and Reform in American Cities (1870-1930)*, Austin (TX), University of Texas Press.
- MORRIS David J. et AHMED Irshad, 1992, *The Carbohydrate Economy: Making Chemicals and Industrial Materials from Plant Matter*, Washington (DC), Institute for Local Self-Reliance.

- MOSLEY Stephen, 2001, *The Chimney of the World: A History of Smoke Pollution in Victorian and Edwardian Manchester*, Cambridge, White Horse Press.
- NASH Linda, 2006, *Inescapable Ecologies: A History of Environment, Disease, and Knowledge*, Berkeley (CA), University of California Press.
- 2008, «Purity and Danger: Historical Reflections on the Regulation of Environmental Pollutants», *Environmental History*, vol. 13, n° 4, octobre, p. 651-658.
- OLIVER Thomas, 1902, *Dangerous Trades: The Historical, Social, and Legal Aspects of Industrial Occupations as Affecting Health, by a Number of Experts*, Londres, J. Murray.
- PIRKLE J.L. *et al.*, 1994, «The Decline in Blood Lead Levels in the United States: The National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES)», *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, vol. 272, n° 44, 27 juillet, p. 284-291.
- PLATT Harold L., 2005, *Shock Cities: The Environmental Transformation and Reform of Manchester and Chicago*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- PROCTOR Robert, 1995, *Cancer Wars: How Politics Shapes What We Know and Don't Know about Cancer*, New York, Basic Books.
- RENFREW Daniel E., 2012, «New Hazards and Old Disease: Lead Contamination and the Uruguayan Battery Industry», in Christopher SELLERS et Joseph MELLING (dir.), *Dangerous Trade: Histories of Industrial Hazard across a Globalizing World*, Philadelphie (PA), Temple University Press, p. 99-112.
- ROSEN George, 1958, *A History of Public Health*, New York, MD Publications.
- SELLERS Christopher C., 1997a, *Hazards of the Job: From Industrial Disease to Environmental Health Science*, Chapel Hill (NC), University of North Carolina Press.
- 1997b, «Discovering Environmental Cancer: Wilhelm Hueper, Post-World War II Epidemiology, and the Vanishing Clinician's Eye», *American Journal of Public Health*, vol. 87, novembre, p. 1824-1835.
- SHAH Nayan, 2001, *Contagious Divides: Epidemics and Race in San Francisco's Chinatown*, Berkeley (CA), University of California Press.
- SPITZ Peter H., 1988, *Petrochemicals: The Rise of an Industry*, New York, Wiley.
- STOLL Mark, 2012, «Rachel Carson's *Silent Spring*: A Book That Changed the World», < <http://www.environmentandsociety.org/exhibitions/silent-spring/overview> > .
- STURDY Steve, 1988, «Biology as Social Theory: John Scott Haldane and Physiological Regulation», *The British Journal for the History of Science*, vol. 21, p. 315-340.
- TARR Joel A., 1996, *The Search for the Ultimate Sink Urban Pollution in Historical Perspective*, Akron (OH), University of Akron Press.
- TOMES Nancy, 1998, *The Gospel of Germs: Men, Women, and the Microbe in American Life*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- US PUBLIC HEALTH SERVICE, 1962, *Report of the Committee on Environmental Health Problems*, Washington (DC), Government Printing Office.
- VOGEL Sarah A., 2013, *Is It Safe? BPA and the Struggle to Define the Safety of Chemicals*, Berkeley (CA), University of California Press.
- WALKER J. Samuel, 2000, *Permissible Dose: A History of Radiation Protection in the Twentieth Century*, Berkeley (CA), University of California Press.
- WARREN Christian, 2000, *Brush with Death: A Social History of Lead Poisoning*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- WHITE Suzanne R., 1994, *Chemistry and Controversy: Regulating the Use of Chemicals in Foods (1883-1959)*, Ph.D., Emory University.

WHITTEMORE Gilbert Franklin, 1987, *The National Committee on Radiation Protection (1928-1960): From Professional Guidelines to Government Regulation*, Ph.D., Harvard University.

WHORTON James C., 1975, *Before Silent Spring: Pesticides and Public Health in Pre-DDT America*, Princeton (NJ), Princeton University Press.



8 Le siècle de l'atome en images

CHARLOTTE BIGG¹

Le xx^e siècle est le siècle de l'atome. De l'électron au boson de Higgs, de Becquerel à Tchernobyl, du laboratoire de Frédéric Joliot-Curie aux centrifugeuses iraniennes en passant par le projet Manhattan et le CERN, les mines d'uranium du Kazakhstan ou du Niger, les sous-marins nucléaires ou les usages médicaux des radio-isotopes, l'atome et le nucléaire sont devenus des enjeux majeurs dans des domaines toujours plus interdépendants – scientifiques, technologiques, industriels, militaires et politiques. Aucun autre objet que l'atome n'est probablement plus apte à illustrer la place des sciences dans les bouleversements qu'a connus le siècle et dans leur héritage contemporain : guerres mondiales, avènement de la *big science*, accidents industriels et pollutions, mondialisation et politiques énergétiques.

Chacune des ramifications de cette histoire donne lieu à la production d'une iconographie caractéristique et souvent marquante ; que l'on songe à l'atome de Bohr ou au champignon atomique ; à l'architecture hyperboloïde des tours de refroidissement des centrales nucléaires ou encore au logo IBM fait d'atomes individuels de xénon, emblème des nanosciences. Ces leitmotifs visuels imprègnent notre culture collective. Chacun est issu d'un contexte et d'une série d'événements identifiables, mais, par leur répétition, reproduction et circulation ils finissent par s'ancrer et nourrir les imaginaires de la technoscience du xx^e siècle.

Précisons qu'il faut ici comprendre la culture non pas comme un

1. Je remercie Jochen Hennig pour son autorisation aimable de reprendre ici certaines des analyses développées dans le cadre d'un projet commun autour des images de l'atome, comprenant un séminaire à l'université Humboldt de Berlin (2006), une exposition au Deutsches Museum, Munich (« Atombilder. Strategien der Sichtbarmachung im 20. Jahrhundert », 2007-2008) et une publication collective (Bigg et Hennig 2009).

◀ De 1952 à 1957, la ville de Las Vegas organisa des concours de beauté dont la lauréate était nommée Miss Atomic Bomb. Ici : Miss Atomic Bomb prise en photographie par Don English, mai 1957.

ensemble d'objets (traditionnellement des productions artistiques, littéraires ou architecturales) mais comme un processus dynamique à travers lequel les individus et les groupes créent du sens à partir de ces objets, y compris ceux relevant de registres que l'on qualifie de populaires. La culture, dans cette conception, n'est pas produite d'une part et consommée de l'autre mais est le fruit, en perpétuel devenir, de l'interaction d'individus entre eux et avec des objets, des images et des textes. Elle s'élabore, s'exprime et définit la manière dont on conçoit, ressent et parle de ces images et textes, la manière dont on les représente. La culture entre en jeu dans l'élaboration des identités à la fois individuelles et collectives. C'est un lieu où les relations de pouvoir s'expriment, sont contestées et transformées. L'histoire culturelle des sciences s'intéresse ainsi moins aux échanges réciproques entre deux objets constitués qui seraient la science et la culture (la manière dont le roman ou le film de science-fiction commentent les sciences par exemple) qu'aux processus d'élaboration mutuelle de ces deux entités et, plus fondamentalement, à la contribution des activités scientifiques à l'élaboration de conceptions et de pratiques partagées du monde et de la société¹.

L'histoire culturelle considère que ces conceptions et pratiques sont situées dans l'espace et le temps. On s'est ainsi intéressé à la perception olfactive ou au regard entendus comme des phénomènes historiquement situés, même si l'on peut supposer que les ressorts physiologiques de la perception humaine sont relativement stables². L'histoire des cultures visuelles comprend ainsi l'étude des normes esthétiques, des techniques de fabrication des images et des conventions de représentation (comme la perspective), mais aussi les théories de la perception et les conceptions particulières du statut et des fonctions de l'image dans des contextes donnés³.

Si les images et pratiques visuelles ont joué un rôle à toutes les époques, le *xx^e* siècle se caractérise par une révolution médiatique marquée par une augmentation exponentielle du nombre d'images dans l'imprimé grâce à de nouvelles techniques de visualisation, d'enregistrement et de reproduction ; alors qu'en parallèle on voit éclore et se répandre les technologies de diffusion et de réception des images et du son que sont la télévision, le cinéma, la vidéo puis Internet. Sans nier l'importance pérenne du verbe écrit et parlé, cette prolifération d'images et de technologies visuelles

1. Pour une introduction à l'histoire culturelle, voir Ory 2007, Poirrier 2010, Burke 2008.

2. Sur la perception olfactive, voir Corbin 1982 ; pour le regard, voir par exemple les travaux pionniers de Baxandall 1972, Alpers 1983, Crary 1992.

3. Pour une introduction à l'étude des cultures visuelles, voir Mirzoeff 1995, Sturken et Cartwright 2001, Kromm et Benforado Bakewell 2010.

fait qu'une étude des représentations culturelles (au sens des imaginaires collectifs) du xx^e siècle peut difficilement être réalisée sans prendre en considération ces dernières et les cultures visuelles qui s'y rattachent. Nous proposons quelques points d'entrée de cette histoire, suivant les fils mêlés de l'histoire de l'atome et du nucléaire d'une part, de l'histoire des technologies et médias visuels d'autre part, qui font toutes deux la spécificité du xx^e siècle.

Visualisations scientifiques de l'atome

L'atome est un objet en apparence paradoxal pour une histoire des représentations, puisqu'il est invisible par définition – et sa réalité même fit longtemps débat. Ce n'est qu'au début du xx^e siècle qu'il devient accessible à l'expérience par l'intermédiaire de nouveaux instruments liés à un bouleversement des sciences à la fois pratique et théorique. Ces changements profonds s'appliquent à la matière comme au vivant, relèvent de la physique comme de la chimie et de la biologie, et plus tard des sciences des matériaux et des nanosciences¹. Les images scientifiques de l'atome reflètent et permettent de contextualiser ces développements. Aussi bien lorsqu'elles créent des mondes visuels aussi nouveaux que les théories et les instruments qui les convoquent – participant ainsi d'une modernité revendiquée; mais aussi à l'inverse, lorsque ces images minorent la nouveauté des théories et des instruments qui les produisent en convoquant des traditions iconographiques anciennes. L'image scientifique, comme toute image, n'est jamais un simple miroir de la réalité.

Une iconographie pérenne : l'atome-sphère

L'image de l'atome à la fois la plus ancienne et la plus répandue le représente sous la forme d'une sphère, dans les modèles de molécules par exemple² (voir figure 1, p. 170). Ces modèles, des solides en trois dimensions ou, plus récemment, sous la forme de simulations numériques, sont des outils heuristiques et pédagogiques permettant de penser les transformations chimiques. Ils matérialisent des pratiques de manipulation virtuelle qui font intervenir l'imagination visuelle comme moyen de conceptualiser les mécanismes moléculaires inaccessibles à partir de

1. Sur l'impact de ces techniques en chimie, voir Morris 2002, Reinhardt 2006; en biologie, Rasmussen 1997, Chadarevian et Kamminga 1998.

2. Lüthy 2003.

données fournies par des expériences¹. L'origine de ces modèles est à situer dans la communication et l'enseignement des sciences aussi bien que dans la recherche : l'un des premiers modèles du genre est créé en 1865 par le chimiste Wilhelm August von Hofmann à l'aide de bâtons et de balles de croquet dans le but d'illustrer une conférence publique à la Royal Institution de Londres².

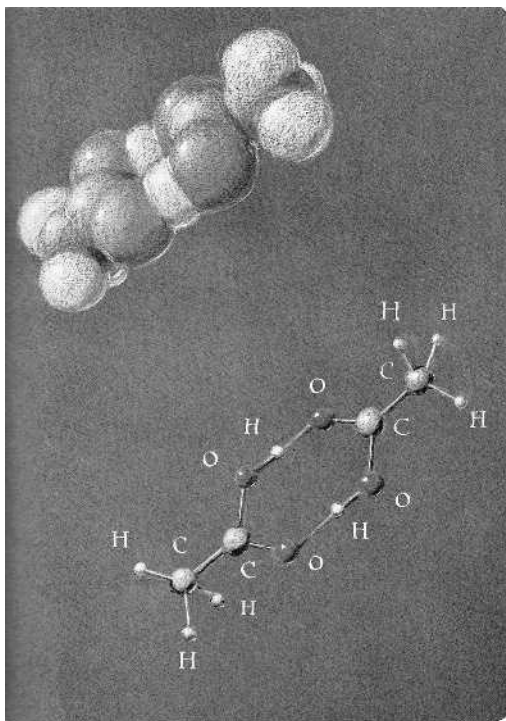


Figure 1 : Dessins de modèles moléculaires (ici d'acide acétique)

Ces dessins réalisés par Linus Pauling en collaboration avec l'artiste Roger Hayward en 1964 témoignent du grand intérêt de Pauling pour la dimension esthétique de la visualisation scientifique. En haut, un exemple de modèle CPK inventé par Pauling avec Robert Corey et Walter Koltun, qui permet de représenter l'espace occupé par chaque atome, information obtenue grâce à des mesures cristallographiques. Ce modèle est une variante du modèle classique (en bas) de type Hofmann. Les conventions établies par Hofmann perdurent encore aujourd'hui, comme celle de dénoter les éléments par des couleurs, par exemple l'oxygène par le rouge. Ces modèles peuvent être assemblés à partir d'éléments standards vendus en kit par des entreprises spécialisées ou manipulés virtuellement à l'aide de logiciels spécifiques.

1. Rocke 2010.

2. Meinel 2004.

Dans ces modèles, l'atome est représenté de manière purement conventionnelle. Il est alors surprenant de constater la similarité de ces représentations avec les visualisations expérimentales des atomes qui se développent au xx^e siècle. Dans les années 1980, la microscopie en champ proche stimule le développement des nanosciences et des nanotechnologies (voir figure 2, p. 172). Des instruments tels que le microscope à effet tunnel et le microscope à force atomique permettent, dans des conditions précisément définies, de visualiser, voire de manipuler la surface de métaux à l'échelle nanométrique. Alors que les données numériques produites par ces instruments sont susceptibles d'être mises en images de multiples façons, c'est finalement un mode de représentation conforme à la convention iconographique de l'atome-sphère qui est adopté¹.

On retrouve dans ces images et les commentaires qu'elles suscitent l'espoir, déjà exprimé au début du xx^e siècle, du « saint Graal de la résolution atomique », de pouvoir améliorer la résolution des microscopes optiques indéfiniment, jusqu'à pouvoir enfin voir l'atome². Cela est physiquement impossible, et les microscopes en champ proche opèrent selon des principes entièrement différents de ceux qui régissent les microscopes optiques. Il reste toutefois quelque chose de cette idée dans l'usage du terme « microscope » pour décrire ces instruments. Les représentations populaires des nanosciences suggèrent d'ailleurs une commensurabilité trompeuse entre le monde atomique et le nôtre, qui serait le pendant d'un progrès continu des technologies microscopiques, nous permettant en quelque sorte de « zoomer » dans des dimensions de plus en plus éloignées, à la manière du film célèbre réalisé en 1968 par Charles et Ray Eames, *Powers of Ten*³.

On peut d'ailleurs déceler dans certaines nanotopographies une adhérence aux conventions de représentations macroscopiques, y compris photographiques, lorsque par exemple on croit percevoir des ombres portées par les monticules qui figurent les atomes individuels. Mais ici les techniques photographiques n'entrent pas en jeu, et ce sont des logiciels qui sont employés pour transformer les données numériques en supports visuels⁴. On réalise avec cet exemple que l'invisible ne l'est jamais complètement : à l'instant de sa visualisation il est déjà en partie défini non seulement par ses caractéristiques physiques, les théories qui

1. Hennig 2011 (p. 221-276). Sur les questions que soulève la visualisation dans les nanosciences, voir également Baird *et al.* 2004, Mody et Lynch 2010.

2. Hessenbruch 2004 (p. 137).

3. Ce film et une version ultérieure réalisée en 1977 s'inspirent de Boeke 1957. Voir Pratschke 2009. Sur la place de la science-fiction dans les discours autour des nanosciences contemporaines, voir Milburn 2008.

4. Hennig 2001 (p. 221-276).

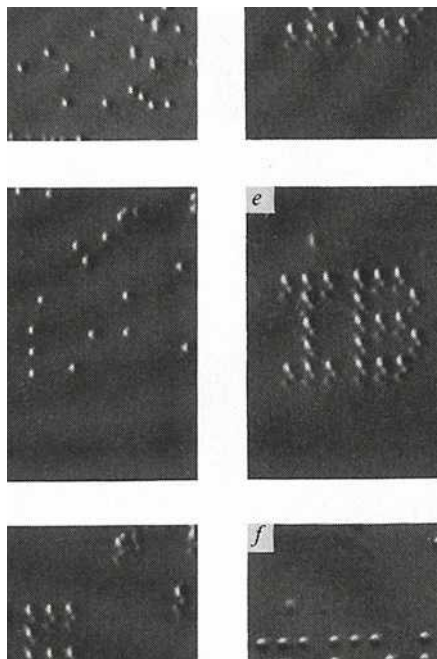


Figure 2 : Une séquence d'images STM prises pendant la construction d'un agencement d'atomes de xénon sur une surface de nickel (110)

L'une des images les plus célèbres des nanosciences émergentes, publiée dans *Nature* en 1990 par les pionniers du microscope à effet tunnel Don Eigler et Erhard Schweizer. Parmi les différents modes de visualisation des données fournies par l'instrument, c'est finalement une convention similiphotographique qui a été adoptée, comme l'a suggéré Jochen Hennig. On peut interpréter ce choix comme un hommage à l'importance historique de la technique photographique dans la mise en évidence d'entités invisibles à l'œil nu dans les sciences physiques du xx^e siècle, alors que la visualisation des atomes individuels sous forme de petites sphères fait écho à une tradition iconographique plus ancienne encore. La force de cette succession d'images réside dans ce témoignage visuel et expérimental de la possibilité de manipuler la matière à l'échelle atomique. Inscrivant en atomes le logo du géant informatique IBM, cette image est aussi révélatrice du rôle important des entreprises privées dans la recherche scientifique et technologique et sa communication au public : c'est également avec le concours d'IBM que Charles et Ray Eames réalisent leur film pédagogique *Powers of Ten*.

le sous-tendent et les contraintes techniques de sa mise en images mais aussi par les attentes qu'il suscite, les habitudes visuelles et les imaginaires qu'il convoque, même dans les contextes les plus scientifiques¹.

1. Geimer 2010 (p. 21).

Parmi ces imaginaires, il faut inclure l'image de l'atome-sphère, dont la pérennité suggère l'existence d'une logique iconographique indépendante de l'évolution historique des conceptions de ce qui fait la matière et de ce que recouvre le terme « atome ».

Les empreintes photographiques du monde subatomique

La photographie joue un rôle essentiel dans l'étude et la visualisation du monde subatomique tout au long du xx^e siècle. En parallèle, le développement de techniques photomécaniques de reproduction permet une diffusion sans précédent de ces images dans les imprimés, faisant de découvertes scientifiques comme celle des rayons X de véritables phénomènes médiatiques, dont les répercussions vont bien au-delà du monde scientifique.

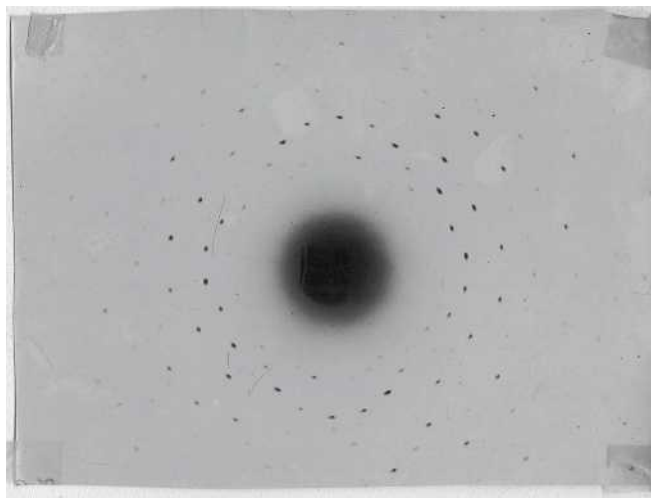
Le tournant du xx^e siècle révèle en effet l'existence d'un monde nouveau peuplé de particules et de rayons rendus perceptibles grâce à des dispositifs fondés sur de nouvelles théories électromagnétiques de la matière : compteurs Geiger ou écrans luminescents dont les cliquetis et scintillements permettent de comptabiliser le passage de particules et rayons ionisants, chambres à brouillard dont l'expansion rapide exhibe la trajectoire de particules subatomiques. Mais il ne faut pas oublier les médiations opérées par les *techniques photographiques*, souvent réduites au rôle d'enregistrement des phénomènes révélés par ces instruments selon une conception mimétique de la photographie considérée comme véritable « rétine du savant¹ ». Les émulsions photographiques constituent en effet un support majeur des visualisations expérimentales dans la physique atomique puis nucléaire au xx^e siècle (voir figure 3, p. 174).

Les photographies sont à la fois le révélateur, le moyen d'étude et la preuve tangible des nouveaux rayonnements, comme le suggère la célèbre découverte de la radioactivité par le moyen de la photographie par Henri Becquerel en 1896². Elles sont à la fois des outils de représentation et de recherche : la chimie des émulsions photographiques est particulièrement délicate à maîtriser et reste un sujet d'étude jusque tard dans le xx^e siècle dans le domaine de la physique des particules³. Ces photographies, dont rapidement l'apparence s'uniformise, forment un nouvel ensemble d'images expérimentales qui à leur tour contribuent à l'élaboration de nouveaux modèles de l'atome ; à commencer par l'atome de

1. L'expression est de l'astrophysicien Jules Janssen. Voir Gunthert 2000. Sur l'histoire du discours sur la photographie au xix^e siècle, voir Brunet 2000.

2. Voir Wilder 2009.

3. Galison 1997 (chap. 2 et 3).



**Figure 3 : Photographie de la diffraction des rayons X
réalisée par Max von Laue**

Les émulsions photographiques constituent un support majeur pour la détection et l'étude des nouvelles radiations et particules découvertes au tournant du xx^e siècle. En 1912, le physicien Max von Laue utilise la photographie comme instrument pour élucider la nature des rayons X, à savoir s'ils sont de nature corpusculaire ou ondulatoire. Les images produites constituent une trace de ces expériences, mais aussi une preuve visuelle que la diffraction des rayons X est possible. Ces originaux photographiques sont montrés par le physicien von Laue lors du Congrès Solvay de 1913 puis collés dans le rapport imprimé du congrès, comme autant de preuves garantissant sa priorité dans cette découverte. Ce type de photographie prendra par la suite une tout autre fonction lorsque la diffraction des rayons X sera utilisée non plus pour les examiner mais pour étudier la structure des cristaux par leur moyen. Les photographies sont alors mesurées pour obtenir des structures en trois dimensions. C'est à partir de ces mesures que l'on peut construire des modèles tels que ceux de Pauling (Figure 1).

Bohr « planétaire », autre icône visuelle qui continue de circuler malgré sa remise en cause par les physiciens dès les années 1920, par exemple sous la forme du logo de l'Agence internationale de l'énergie atomique¹.

Ces photographies sont également très largement diffusées dans les journaux savants et populaires : l'impact médiatique de la découverte des rayons X n'est comparable au xx^e siècle qu'à l'annonce de la bombe atomique en 1945². Cette diffusion est rendue possible par de nouvelles

1. Schirmacher 2010.

2. Badash 1979 (p. 9).

techniques de reproduction photomécanique des images qui se répandent à partir des années 1890. Moins coûteuses et plus performantes que la gravure manuelle, elles facilitent la publication d'images de bonne qualité et de grande taille dans la presse scientifique et non scientifique. Elles contribuent en retour à renforcer auprès du public la position d'autorité de l'image photographique et l'idéal d'une « objectivité mécanique », pendant instrumental de l'objectivité des faits scientifiques¹.

Mais les clichés de la physique atomique deviennent, à travers leur reproduction et circulation infinies, des *clichés*, au sens de lieux communs visuels. Leur esthétique caractéristique est appropriée dans de nombreux domaines, notamment la photographie d'art moderniste, pendant que fleurissent dans les journaux les publicités thématiques la phosphorescence des matières radioactives ou leurs propriétés prétendument guérissantes. On a rapproché ces images du monde (sub)atomique d'une préoccupation plus générale, autour de 1900, de la visualisation de l'invisible, une nouvelle perception de la réalité qui infuse les sciences, les arts, la littérature et le cinéma naissant². La photographie, imaginée dès ses origines comme un moyen de révéler des objets invisibles, deviendra son « médium et son discours paradigmatique³ ».

Plus pragmatiquement, la photographie continuera tout au long du siècle à être un moyen privilégié de visualisation des radiations invisibles à l'œil nu : avant les dosimètres électroniques, c'est l'émulsion photographique qui, le plus souvent, permet de mesurer la dose de rayons ionisants à laquelle une personne (chercheur, médecin ou patient soumis à une radiothérapie) a été exposée. La sensibilité des émulsions photographiques à la radioactivité entre aussi en jeu dans la détection d'émissions radioactives moins contrôlées : c'est ainsi qu'en 1945 les employés d'une usine d'Eastman Kodak Company ont vent en avant-première du premier essai nucléaire réalisé dans le plus grand secret : les films photographiques produits dans cette usine avaient été voilés par leur emballage provenant d'une usine de l'Indiana, contaminé par les essais réalisés dans le Nouveau-Mexique, à une distance de 1 600 kilomètres. En 1979, pour évaluer la gravité d'un incident à la centrale nucléaire de Three Mile Island, les experts réquisitionnent les provisions de films Kodacolor 400 dans les magasins à 10 kilomètres à la ronde pour les analyser⁴. Les premières photographies de l'accident catastrophique de la centrale nucléaire de Tchernobyl du 26 avril 1986 sont d'autant plus poignantes que la radioactivité intense

1. Hüppauf et Weingart 2008 (p. 11), Daston et Galison 2007.

2. Pour les sciences, voir Sibum 2008. Pour les arts, voir par exemple Henderson 1988.

3. Scholz et Griem 2010 (p. 8).

4. Webb 1949, Shuping 1981 ; voir Bigg et Hennig 2009.

y est visible, s'inscrivant dans le film photographique, déformant les couleurs ou même brûlant la pellicule, au moment même où elle irradie les corps des « liquidateurs » que l'on voit sur les images.

Montrer (ou pas) le nucléaire : affaires de politique

L'ère atomique et l'âge des mass media

Avec l'essor de la physique nucléaire au milieu du siècle et le développement des applications de la fission atomique, on assiste à l'émergence de nouvelles iconographies, d'une tout autre nature que celles évoquées jusqu'à présent, non pas centrées sur la visualisation de l'atome comme objet scientifique mais sur les technologies nucléaires. Ces dernières témoignent d'abord de l'émergence avec le projet Manhattan de la *big science*, la recherche technoscientifique à grande échelle, largement financée sur fonds militaires. Mais elles thématisent aussi le fait que la bombe atomique et les réacteurs nucléaires sont l'objet de nouveaux enjeux aux échelles nationales et internationales dans les domaines interdépendants militaires, géostratégiques, industriels, énergétiques puis environnementaux.

Ces images résultent également de nouvelles configurations médiatiques qui se mettent en place dans la seconde moitié du xx^e siècle. Au développement continu depuis le début du siècle des techniques de fabrication et d'impression des photographies, qui génèrent une augmentation constante du nombre, de la qualité (y compris la couleur) et de la surface occupée par les images dans les supports imprimés ; au développement du cinéma s'ajoutent dans les décennies suivantes les nouvelles technologies de communication que sont la radio, la télévision et la vidéo, qui relèvent d'ailleurs souvent d'arrangements technoscientifiques impliqués dans la recherche militaire comme, aux États-Unis, la Radio Corporation of America. Ensemble, ces technologies, bientôt appelées mass media, accélèrent la circulation des images, élargissent leur public jusqu'à atteindre parfois une dimension globale.

La notion d'ère atomique, *stricto sensu*, définit le nouvel ordre mondial inauguré par le premier essai atomique dans le désert du Nouveau-Mexique en 1945. Mais les retombées de la bombe atomique ne sont pas seulement d'ordre militaire et politique. Elles préoccupent l'ensemble de la société. En particulier (mais pas seulement) aux États-Unis d'Amérique, l'*atomic age* est indissociable d'une production journalistique, littéraire, audiovisuelle, muséologique très riche, thématisant les espoirs

et les peurs associés à l'exploitation de la technoscience nucléaire, allant des campagnes officielles aux expressions populaires, des films de propagande comme *Duck and Cover* au *Docteur Folamour* de Stanley Kubrick, de la science-fiction au marché que représente la vente d'abris antiatomiques privatifs et aux manifestations antinucléaires¹.

Les images qui y sont associées sont perçues comme résumant l'époque : c'est la photographie de Miss Atomic Bomb (voir p. 166), couronnée à Las Vegas en 1957, que la Smithsonian Institution désigne comme l'image iconique des années 1950 – pour les États-Unis, s'entend. Alors que, pour des raisons évidentes, au Japon ou en Allemagne les connotations de la bombe atomique sont largement négatives, pour les Américains le champignon atomique qui orne le maillot de la danseuse et bientôt jusqu'aux timbres et paquets de chewing-gum incarne la victoire de la Seconde Guerre mondiale et la prospérité économique qui s'ensuit. La proximité géographique entre Las Vegas et les sites de tests nucléaires du Nevada favorise ce mélange des styles, lorsque pour lancer le tourisme dans cette ville on y fait la publicité à la fois de ses casinos et du spectacle sublime des détonations atomiques².

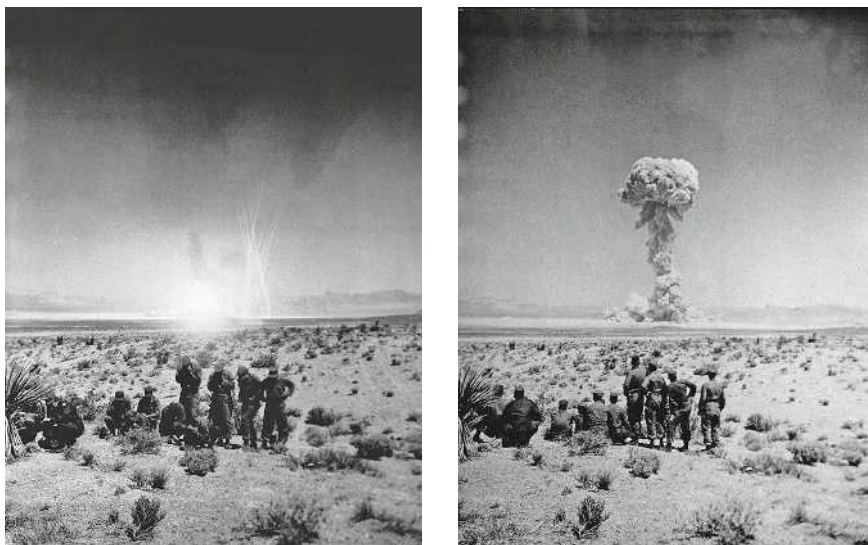
Depuis Las Vegas, on peut assister au spectacle des tests nucléaires effectués à partir de 1951 à moins de 100 kilomètres, au Nevada Test Site. La bombe atomique est intégrée à la culture populaire qui se développe dans cette ville de divertissement après la guerre, avec notamment l'organisation de concours de « Miss Bombe atomique ». Ainsi que l'a souligné Gerhard Paul, cette photographie doit aussi son succès à sa composition : vue en contre-plongée, la miss paraît aussi monumentale qu'un champignon atomique, dont la forme iconique est reproduite en coton, ajustée à la silhouette féminine et se confondant avec les nuages naturels. À travers ce type d'image, la bombe est dotée de connotations sexuelles. C'est à cette époque qu'apparaissent l'expression « bombe sexuelle » ou le bikini, nommé en référence explicite à l'atoll des îles Marshall où l'armée américaine avait effectué les tests nucléaires « Operation Crossroads ».

La bombe est devenue, selon l'un des premiers historiens de la culture nucléaire, « une catégorie de l'Être, comme l'espace et le temps qui, selon Kant, font partie prenante de la structure même de notre esprit, déterminant la forme et la signification de toutes nos perceptions³ ». La possibilité de l'annihilation complète de l'homme par l'homme ou, *a contrario*, la promesse d'une énergie infinie et pratiquement

1. Sur la culture nucléaire aux États-Unis, voir parmi beaucoup d'autres ouvrages Weart 2012. Pour une perspective transnationale, voir Van Lente 2012, Kargon et Low 2003.

2. Hales 1991, Bexte 2005.

3. Boyer 1991 (p. XIX-XX).



**Figure 4 : Anthony J. Ouellette,
test atomique avec public (Nevada, 1955)**

Une quantité très importante de photographies et de films est réalisée dans le cadre de la documentation officielle des essais atomiques aux États-Unis. Ces photographies, qui mettent en scène la présence de témoins de l'événement, soulignent le fait qu'il s'agit ici aussi d'un spectacle, même si celui-ci est par moments physiquement insoutenable (voir également l'image de couverture). Si le champignon est devenu le symbole de la bombe atomique dans le contexte américain, au Japon c'est le *pika-don* qui la résume : l'éclair qui le précède, d'une intensité lumineuse si intense qu'il ne peut être représenté que métaphoriquement. Il faudra d'ailleurs un important travail de recherche pour créer des émulsions photographiques spécifiques permettant de photographier les détonations sans qu'elles soient irrémédiablement surexposées. Le terrible impact sur la santé des témoins des tests nucléaires, aux États-Unis comme dans le Pacifique et ailleurs, deviendra rapidement évident, malgré la censure.

gratuite bouleversent le rapport du citoyen à la nation et des sociétés à la nature.

Dans la cristallisation de ces cultures nucléaires, la place des images est centrale, d'abord à travers la question de leur *visibilité* ; moins comme question technique et scientifique, comme on l'a vu plus haut, que comme enjeu politique : la production et le contrôle des images associées au nucléaire sont au cœur des politiques publiques destinées d'abord à garantir le secret militaire mais aussi à façonner le citoyen moderne.

Censure et propagande

126 essais nucléaires sont réalisés à l'air libre entre 1945 et 1963 aux États-Unis. Ils donnent lieu à une production photographique et cinématographique officielle immense (voir figure 4, p. 178), qui suggère que l'appétit visuel pour le spectacle grandiose est partagé par l'administration. Un studio cinématographique secret est établi à Hollywood, le Lookout Mountain Studio, censé documenter les explosions dans un but scientifique, pour l'étude des impacts notamment¹. Ce programme donne lieu à de nombreuses innovations techniques, des caméras ultrarapides électroniques aux émulsions nucléaires capables de capturer des phénomènes d'une intensité lumineuse, y compris radioactive, et à des vitesses jusqu'alors imperceptibles. Il contribue à nourrir l'imagination populaire, à ancrer par exemple le nouveau stéréotype visuel du champignon atomique à travers la nouvelle presse illustrée (*Life*, *Time*...), mais aussi à créer de nouvelles images étranges, comme celles que produit Harold Edgerton à l'aide de sa caméra rapatronique².

En fin de compte, cependant, très peu de ces images seront vues, disparaissant pour la plupart dans des archives classifiées³. Pendant la Seconde Guerre mondiale et par la suite, le programme américain de recherche et de développement de la bombe atomique est bien entendu soumis au secret militaire ; même si, curieusement, de nombreux dispositifs entrant en jeu dans la production de la bombe sont brevetés et ainsi rendus publics⁴. Contrastant avec la présence médiatique forte et voulue des images des essais atomiques américains, les premières photographies de victimes d'explosions nucléaires ne sont publiées qu'en 1952. Les photographies des nuages atomiques réalisées par l'armée américaine au-dessus de Nagasaki et d'Hiroshima sont immédiatement diffusées, alors que les images de l'effet des explosions sur les villes et les populations sont censurées jusqu'en 1970 (1980 pour les films en couleurs)⁵. Cette production iconographique et médiatique importante contraste avec la situation au Japon, où l'usage de la photographie est strictement

1. Kuran 2006.

2. Elkins 2003.

3. Voir Kuran 2006 et son film *The Atomic Filmmakers: Hollywood's Secret Film Studio* (1998). Ces photographies sont d'ailleurs partagées par leurs auteurs, ainsi que de nombreux témoins et participants à ces essais, aujourd'hui souvent malades. Voir Gallagher et Schneider 1993, qui ont retrouvé des survivants et les ont photographiés.

4. Wellerstein 2008.

5. Paul 2006.

contrôlé dès 1941. On ne connaît que cinq photographies prises au sol le jour de l'explosion à Hiroshima et aucune de Nagasaki¹.

En décembre 1953, le gouvernement américain dirigé par Dwight Eisenhower lance le programme « Atome pour la paix » pour promouvoir les applications pacifiques de la recherche nucléaire dans les domaines médicaux, industriels et énergétiques. Les technologies nucléaires sont mises en avant par le gouvernement américain comme autant d'instruments de politique étrangère dans le nouveau contexte international de la guerre froide et de la décolonisation². Ce programme comprend une série d'initiatives médiatiques, avec des expositions réalisées dans un grand nombre de pays. En 1955, à l'occasion d'une conférence internationale sur les usages pacifiques du nucléaire, un réacteur nucléaire est transporté en avion d'Oak Ridge à Genève, où il est remonté à proximité du siège des Nations unies. Invitant les visiteurs à activer eux-mêmes le réacteur à l'aide d'une manette, cette mise en scène suggère l'innocuité de la technologie, tandis que les modalités techniques du dispositif sont expliquées à l'aide d'affiches, de conférences, de cours, de modèles. Cette exposition, comme tout l'appareil de propagande d'« Atome pour la paix », peut être comprise comme un moyen, principalement visuel, d'éduquer les peuples ou du moins leurs représentants au « désir pour l'atome pacifique », solution technique promettant d'accéder au progrès matériel et à l'*American way of life*³.

Aux États-Unis mêmes, l'affirmation du statut de superpuissance nucléaire s'accompagne d'une stratégie de défense civile qui vise à une mobilisation permanente de la population, une éducation psychologique du citoyen qui doit permettre à la nation de faire face sans paniquer à la menace omniprésente de la guerre nucléaire. La presse, la télévision, la radio, le cinéma, par l'évocation récurrente, voire la simulation d'une attaque nucléaire, avec la profusion par exemple de « films catastrophes », servent à créer une forme particulière de peur, tout en normalisant le danger nucléaire. Les images du nucléaire participent ainsi crucialement à la reconfiguration des rapports qu'entretiennent le secret, la sécurité, la technoscience et l'identité nationale dans les décennies qui suivent la Seconde Guerre mondiale, aux États-Unis et ailleurs⁴.

1. Lucken 2008.

2. Krige 2008.

3. Krige 2010.

4. Masco 2006, Masco 2008, Weart 2012. Pour un traitement de la culture nucléaire et l'identité nationale au Royaume-Uni, voir notamment Welsh 2003; en France, Hecht 1998; en Afrique, Hecht 2012.

Conclusion : des cultures nucléaires aux nouvelles représentations de la Terre

À la fin des années 1960 apparaît une nouvelle forme de militantisme environnemental qui doit beaucoup aux mouvements antinucléaires. Au Royaume-Uni, la Campaign for Nuclear Disarmement est le catalyseur de l'émergence d'une conception d'un environnement planétaire fragile et interdépendant, menacé d'abord par la guerre nucléaire, puis plus généralement par les pollutions d'ordres divers, dont les fuites radioactives des réacteurs nucléaires qui essaient à cette époque. C'est par ce biais principalement qu'une conception « écocentrique » de la nature se répand. Cette dernière est perçue désormais non pas comme un domaine distinct de celui de l'homme mais comme un environnement dont l'espèce humaine est pleinement partie prenante et que la dégradation affecterait inmanquablement¹.

Ces nouvelles représentations entrent aussi en résonance avec une reconceptualisation scientifique de la planète, retombée des grands programmes de recherche scientifiques, militaires et industriels lancés par les agences américaines pendant la guerre froide. Les sciences du système-Terre sont un produit de la mobilisation ininterrompue après la guerre des institutions de géographie, géologie, géophysique, des sciences de l'atmosphère ou encore de topographie et de cartographie, combinée avec le développement de technologies de géolocalisation et de détection à l'échelle planétaire, notamment par le moyen d'avions et de satellites². Les besoins militaires d'une surveillance globale du monde contribuent à une appréhension scientifique de la Terre comme un environnement fini et dont l'interaction des parties peut être étudiée à une échelle globale. Indissociable du changement de perspective induit par la conquête de l'espace à la même époque, cette nouvelle conception est présente dans les médias au travers d'un ensemble de productions discursives et visuelles marquantes, qui incluent la métaphore du vaisseau-Terre, les photographies de la Terre prise depuis la Lune par les astronautes ou, plus tard, l'image du « trou » dans la couche d'ozone³.

Dans ces nouvelles représentations de la planète qui émergent dans les dernières décennies du xx^e siècle, l'atome ou le nucléaire ne sont

1. Burkett 2012. Pour les États-Unis, sur le lien entre l'Atomic Energy Commission, l'écologie scientifique et l'environnementalisme, voir par exemple Rothschild 2013.

2. Cloud 2001, Gordin 2009 (p. 285-307).

3. Grevsmühl 2014.

donc pas explicites, mais ils sont indissociables des cultures nucléaires de l'après-guerre.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALPERS Svetlana, 1983, *The Art of Describing: Dutch Art in the Seventeenth Century*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- BADASH Lawrence, 1979, *Radioactivity in America: Growth and Decay of a Science*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- BAIRD Davis, NORDMANN Alfred et SCHUMMER Joachim (dir.), 2004, *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, IOS Press.
- BAXANDALL Michael, 1972, *Painting and Experience in Fifteenth-Century Italy: A Primer in the Social History of Pictorial Style*, Oxford, Oxford University Press.
- BENSAUDE-VINCENT Bernadette et SIMON Jonathan, 2008, *Chemistry: The Impure Science*, Londres, Imperial College Press.
- BEXTE Peter, 2005, « Wolken über Las Vegas », *Archiv für Mediengeschichte*, n° 5, p. 131-137.
- BIGG Charlotte, 2008, « Evident Atoms: Visuality in Jean Perrin's Brownian Motion Research », *Studies in the History and Philosophy of Science*, vol. 39, p. 312-322.
- BIGG Charlotte et HENNIG Jochen (dir.), 2009, « Spuren des Unsichtbaren. Fotografie macht Radioaktivität sichtbar », in Charlotte BIGG et Jochen HENNIG, *Atombilder. Ikonografie des Atoms in Wissenschaft und Öffentlichkeit des 20. Jahrhunderts*, Göttingen, Wallstein, p. 31-36.
- BOEKE Kees, 1957, *Cosmic View: The Universe in 40 Jumps*, New York, J. Day.
- BOYER Paul S., 1985, *By the Bomb's Early Light: American Thought and Culture at the Dawn of the Atomic Age*, New York, Pantheon.
- BRUNET François, 2000, *La Naissance de l'idée de photographie*, Paris, PUF.
- BUCHWALD Jed et WARWICK Andrew (dir.), 2004, *Histories of the Electron*, Cambridge (MA), MIT Press.
- BURKE Peter, 2008, *What Is Cultural History?*, Cambridge, Polity Press.
- BURKETT Jodi, 2012, « The Campaign for Nuclear Disarmament and Changing Attitudes towards the Earth in the Nuclear Age », *The British Journal for the History of Science*, vol. 45, n° 4, p. 625-639.
- CHADAREVIAN Soraya de et KAMMINGA Harmke (dir.), 1998, *Molecularizing Biology and Medicine: New Practices and Alliances (1920s to 1970s)*, Amsterdam, Harwood Academic Publishers.
- CHANG Hasok, 2012, *Is Water H₂O? Evidence, Pluralism and Realism*, Dordrecht, Springer.
- CLOUD John, 2001, « Imaging the World in a Barrel: CORONA and the Clandestine Convergence of the Earth Sciences », *Social Studies of Science*, vol. 31, p. 231-251.
- CORBIN Alain, 1982, *Le Miasme et la jonquille. L'odorat et l'imaginaire social aux XVIII^e-XIX^e siècles*, Paris, Aubier-Montaigne.
- CRARY Jonathan, 1992, *Techniques of the Observer: On Vision and Modernity in the Nineteenth Century*, Cambridge (MA), MIT Press.
- DASTON Lorraine et GALISON Peter, 2007, *Objectivité*, Dijon, Les Presses du Réel.
- ELKINS James, 2003, *After and Before: Documenting the A-Bomb*, New York, PPP Editions.
- GALISON Peter, 1997, *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*, Chicago (IL), University of Chicago Press.

- GALLAGHER Carole et SCHNEIDER Keith, 1993, *American Ground Zero: The Secret Nuclear War*, Cambridge (MA), MIT Press.
- GEIMER Peter, 2010, «Sichtbar / unsichtbar. Szenen einer Zweiteilung», in Susanne SCHOLZ et Julika GRIEM (dir.), *Medialisierung des Unsichtbaren um 1900*, Munich, Fink, p. 17-30.
- GORDIN Michael, 2009, *Red Cloud at Dawn: Truman, Stalin and the End of the Atomic Monopoly*, New York, Farrar, Straus & Giroux.
- GREVMÜHL Sebastian, 2014, *L'Invention de l'environnement global*, Paris, Seuil.
- GUNTHER André, 2000, «La rétine du savant. La fonction heuristique de la photographie», *Études photographiques*, n° 7, mis en ligne le 18 novembre 2002, < <http://etudesphotographiques.revues.org/205> > (consulté le 3 juillet 2013).
- HALES Peter B., 1991, «The Atomic Sublime», *American Studies*, vol. 32, p. 5-31.
- HECHT Gabrielle, 1998, *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge (MA), MIT Press.
- 2012, *Being Nuclear: Africans and the Global Uranium Trade*, Cambridge (MA), MIT Press.
- HENDERSON Linda Dalrymple, 1988, «X-Rays and the Quest for Invisible Reality in the Art of Kupka, Duchamp and the Cubists», *Art Journal*, vol. 47, n° 4, p. 323-340.
- HENNIG Jochen, 2011, *Bildpraxis. Visuelle Strategien der frühen Nanotechnologie*, Bielefeld, Transcript.
- HESSENBRUCH Arne, 2004, «Nanotechnology and the Negotiation of Novelty», in Davis BAIRD, Alfred NORDMANN et Joachim SCHUMMER (dir.), *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, IOS Press, p. 135-144.
- HOGG Jonathan et LAUCHT Christoph (dir.), 2012, «British Nuclear Culture», dossier thématique de *The British Journal for the History of Science*, vol. 45, n° 4, p. 479-719.
- HÜPPAUF Bernd et WEINGART Peter (dir.), 2008, *Science Images and Popular Images of the Sciences*, New York, Routledge.
- KARGON Robert et LOW Morris (dir.), 2003, «Visions of the Atomic Age: Towards a Comparative Perspective», dossier thématique de *History and Technology*, vol. 19, n° 3, p. 175-298.
- KRIGE John, 2008, «The Peaceful Atom as Political Weapon: Euratom and American Foreign Policy in the Late 1950s», *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 38, n° 1, p. 5-44.
- 2010, «Techno-Utopian Dreams, Techno-Political Realities», in Michael D. GORDIN, Helen TILLEY et Gyan PRAKASH (dir.), *Utopia / Dystopia: Conditions of Historical Possibility*, Princeton (NJ), Princeton University Press, p. 151-175.
- KROMM Jane et BENFORADO BAKEWELL Susan (dir.), 2010, *A History of Visual Culture: Western Civilization from the 18th to the 21st Century*, Oxford, Berg.
- KURAN Peter, 2006, *How to Photograph an Atomic Bomb*, Santa Clarita (CA), VCE.
- LUCKEN Michael, 2008, *1945-Hiroshima. Les images sources*, Paris, Hermann.
- LÜTHY Christoph, 2003, «The Invention of Atomist Iconography», in Wolfgang LEFÈVRE, Jürgen RENN et Urs SCHOEPLIN (dir.), *The Power of Images in Early Modern Science*, Bâle, Birkhäuser, p. 117-138.
- MASCO Joseph, 2006, *The Nuclear Borderlands: The Manhattan Project in Post-Cold War New Mexico*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- 2008, «“Survival Is Your Business”: Engineering Ruins and Affect in Nuclear America», *Cultural Anthropology*, vol. 23, p. 361-398.
- MEINEL Christoph, 2004, «Molecules and Croquet Balls», in Soraya de CHADAREVIAN

- et Nick HOPWOOD (dir.), *Models: The Third Dimension of Science*, Palo Alto (CA), Stanford University Press, p. 242-276.
- MILBURN Colin, 2008, *Nanovision: Engineering the Future*, Durham (NC), Duke University Press.
- MIRZOEFF Nicholas (dir.), 1995, *The Visual Culture Reader*, New York et Londres, Routledge.
- MODY Cyrus et LYNCH Michael, 2010, «Test Objects and Other Epistemic Things: A History of a Nanoscale Object», *The British Journal for the History of Science*, vol. 43, n° 3, p. 423-458.
- MORRIS Peter J.T. (dir.), 2002, *From Classical to Modern Chemistry: The Instrumental Revolution*, Cambridge, Royal Society of Chemistry.
- NYE Mary Jo, 1993, *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry*, Berkeley (CA), University of California Press.
- ORY Pascal, 2007, *L'Histoire culturelle*, Paris, PUF.
- PAUL Gerhardt, 2006, «“Mushroom Clouds”. Entstehung, Struktur und Funktion einer Medienikone des 20. Jahrhunderts im interkulturellen Vergleich», in Gerhardt PAUL (dir.), *Visual History*, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht.
- POIRRIER Philippe, 2010, *Les Enjeux de l'histoire culturelle*, Paris, Seuil.
- PRATSCHKE Margarete, 2009, «Charles und Ray Eames' Powers of Ten. Die künstlerische Bildfindung des Atoms zwischen spielerischem Entwurf und wissenschaftlicher Affirmation», in Charlotte BIGG et Jochen HENNIG (dir.), *Atombilder. Ikonografie des Atoms in Wissenschaft und Öffentlichkeit des 20. Jahrhunderts*, Göttingen, Wallstein, p. 21-30.
- RASMUSSEN Nicolas, 1997, *Picture Control: The Electron Microscope and the Transformation of Biology in America (1940-1960)*, Palo Alto (CA), Stanford University Press.
- REINHARDT Carsten, 2006, *Shifting and Rearranging: Physical Methods and the Transformation of Modern Chemistry*, Sagamore Beach (MA), Science History Publications.
- ROCKE Alan, 2010, *Image and Reality: Kekulé, Kopp and the Scientific Imagination*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- ROTHSCHILD Rachel, 2013, «Environmental Awareness in the Atomic Age: Radioecologists and Nuclear Technology», *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 43, n° 4, p. 492-530.
- SCHIRRMACHER Arne, 2010, «Looking into (the) Matter: Scientific Artifacts and Atomistic Iconography», in Peter MORRIS et Klaus STAUBERMANN (dir.), *Illuminating Instruments*, Washington (DC), Smithsonian Institution Scholarly Press, p. 131-155.
- SCHOLZ Susanne et GRIEM Julika (dir.), 2010, *Medialisierung des Unsichtbaren um 1900*, Munich, Fink.
- SHUPING Ralph E., 1981, *Use of Photographic Film to Estimate Exposure near the Three Mile Island Nuclear Power Station*, Washington (DC), US Department of Health and Human Services.
- SIBUM H. Otto (dir.), 2008, «Science and the Changing Senses of Reality circa 1900», *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 39, n° 3, p. 295-458.
- STURKEN Marita et CARTWRIGHT Lisa, 2001, *Practices of Looking: An Introduction to Visual Culture*, Oxford, Oxford University Press.
- VAN LENTE Dick (dir.), 2012, *The Nuclear Age in Popular Media: A Transnational History (1945-1965)*, Basingstoke, Palgrave Macmillan.

- WEART Spencer, 2012, *The Rise of Nuclear Fear*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- WEBB J.H., 1949, « The Fogging of Photographic Film by Radioactive Contaminants in Cardboard Packaging Materials », *Physical Review*, vol. 76, n° 3, p. 375-380.
- WELLERSTEIN Alex, 2008, « Patenting the Bomb: Nuclear Weapons, Intellectual Property and Technological Control », *Isis*, vol. 99, n° 1, p. 57-87.
- WELSH Ian, 2003, *Mobilising Modernity: The Nuclear Moment*, New York, Routledge.
- WILDER Kelley, 2009, *Photography and Science*, Londres, Reaktion Books.

DEUXIÈME PARTIE

CHAMPS DE SCIENCES



9 L'avènement des sciences sociales

JACQUES REVEL

Les sciences sociales ne sont pas nées au xx^e siècle. Leur déploiement contemporain a été précédé par une longue gestation. Leur histoire est complexe. Elle s'est inscrite dans une série de configurations successives au sein desquelles le projet, les enjeux, les instruments et les ressources d'un savoir sur le monde social ont été plusieurs fois redéfinis. Autour de 1900, ces questions font l'objet d'un intérêt qui va bien au-delà des cercles savants. « Sociologie » est le mot à la mode, constate ironiquement le sociologue Gabriel Tarde, et à travers lui ce qu'il évoque de façon plus ou moins précise, les attentes et les investissements qu'il recouvre, un intérêt diffus pour le « social », souvent doublé d'une volonté politique. L'historien Henri Hauser lui fait écho : « Le prestige exercé sur la société contemporaine par cette épithète de social est si grand qu'il suffit de lui accrocher un substantif pour éveiller l'attention du monde et de la foule¹. » La modernité, les formes nouvelles de l'organisation sociale, la sollicitation des masses, l'exercice de la démocratie posent des problèmes auxquels on ressent alors l'urgence d'apporter des réponses. De fait, le débat d'idées mais aussi la pratique sont largement diffusés dans le Paris de la Belle Époque, portés par des initiatives privées ou semi-privées, en même temps que le projet plus général, plus confus aussi, d'une intervention sur le social mobilise l'activisme de sociétés de pensées d'inspirations très diverses, de revues, voire d'institutions para-universitaires qui se multiplient alors. On sait que c'est contre cette indistinction que s'est résolument défini le projet intellectuel et disciplinaire d'Émile Durkheim, celui d'une science rigoureusement fondée en méthode, à distance de l'opinion et du sens commun. Ce parti n'est pas propre à la sociologie ni au monde intellectuel français. Le tournant du xix^e au xx^e siècle est le moment où la

1. Hauser 1903 (p. 16).

◀ « Donnez-moi un enfant et je le modèlerai en n'importe quoi. », Burrhus F. Skinner, *A Matter of Consequences*, New York University Press, 1985. Sur la photo, Skinner (à gauche) et ses pigeons expérimentaux.

plupart des domaines de la recherche que nous plaçons sous le pavillon des sciences sociales font le choix de se constituer en disciplines scientifiques, mieux, en disciplines universitaires. Leur démarche rencontrera un succès inégal.

Il reste qu'une nouvelle donne paraît alors acquise. D'un côté, un intérêt insistant, largement partagé, pour les questions que posent les formes nouvelles de l'expérience sociale. De l'autre, portée par ces préoccupations diffuses et en même temps réagissant impatientement contre elles, l'affirmation de savoirs spécialisés qui revendiquent de les reformuler à partir d'hypothèses explicitées et de leur apporter des réponses objectives au terme de procédures méthodiques et reproductibles. Ce dispositif est-il si différent de celui que nous pouvons observer à plus d'un siècle de distance ? Entendons-nous : par rapport à la situation qui était la leur à la veille de la Première Guerre mondiale, les sciences sociales ont acquis une présence et elles ont produit une masse de connaissances qui sont incomparables ; elles n'en ont pas réduit pour autant la part de l'opinion parce que les frontières de leurs domaines de spécialisation sont le plus souvent poreuses. Peu nombreux sont les contemporains qui prétendent former une opinion personnelle sur la physique quantique ou la biologie moléculaire. Tous ou presque le font quand il s'agit de formuler des jugements sur le monde social, qui est après tout celui dans lequel ils vivent. Et ils le font souvent aujourd'hui dans le lexique des sciences sociales qui, pour une part au moins, a été repris dans le langage commun par le relais des médias. Ils ne sont pas les seuls. Entre le grand public et les spécialistes, toute une gamme d'institutions et d'instances s'intéressent depuis longtemps à ces questions et elles entendent faire valoir leurs vues d'autant plus efficacement qu'elles contribuent notablement aux ressources de la recherche. De telles mitoyennetés peuvent, à l'occasion, poser problème. Mais elles doivent d'abord être constatées. Et lorsque nous parlons de « l'avènement des sciences sociales », elles nous rappellent qu'il s'agit là d'une formulation ambiguë. Les sciences sociales sont certes devenues omniprésentes dans notre monde quotidien. Mais elles le sont sous des formes diverses et parfois contradictoires, parce qu'elles restent soumises à des tensions permanentes qui résultent d'attentes, d'injonctions et d'usages qui sont souvent désaccordés.

Affirmation, incertitudes, tensions

Les dernières décennies du XIX^e et les premières années du XX^e siècle, un peu plus tôt, un peu plus tard, voient donc l'entrée en scène des sciences

sociales sur la scène universitaire en Europe et en Amérique du Nord. Le scénario de leur constitution en disciplines académiques est, en gros, toujours le même. Il est inséparable d'un programme scientifique qui est le plus souvent présenté comme en rupture avec l'existant : c'est le cas, en France, des *Règles de la méthode sociologique*, que Durkheim codifie en 1894 et qui entendent rompre à la fois avec la connaissance commune et avec les propositions qui les ont précédées ; c'est, sur un mode plus pacifique, celui de la géographie dans la version qu'en propose Vidal de La Blache dans les mêmes années. Une institutionnalisation réussie appelle aussi la reconnaissance d'un cursus académique sanctionné par des diplômes et qu'il sera possible de faire valoir sur le marché des professions, dans l'Université et hors d'elle. Une discipline bénéficie, enfin, de s'organiser en interne à travers des formes associatives, et de se faire connaître au-dehors par la publication de ses résultats, et d'abord par celle d'une ou de plusieurs revues qui en illustreront le projet commun. Ce modèle d'innovation, que l'on retrouve partout dans le monde des premières sciences sociales, a nourri de multiples légendes de fondation. Dans la réalité, il a pu être diversement modulé : aux États-Unis, l'inscription de cursus inédits dans les universités a été précoce tout comme la constitution d'associations qui prenaient en charge la régulation professionnelle et celle des compétences en économie, science politique, sociologie ; en France, c'est plus souvent la rupture épistémologique ou méthodologique qui a été valorisée, alors même que la réception des nouvelles disciplines était bien moins assurée.

Car il faut bien l'admettre : la reconnaissance des sciences sociales a été inégale. En Italie, leurs ambitions ont été très tôt récusées en doute par le philosophe et historien Benedetto Croce et le rejet fera durablement ressentir ses effets pendant l'essentiel du xx^e siècle. Aux États-Unis, en particulier dans les universités nouvellement fondées, elles ont été reçues et organisées comme des programmes de connaissance de plein exercice articulés à des préoccupations d'intervention sociale. En Allemagne, où la présence de certaines d'entre elles était plus ancienne qu'ailleurs, elles ont pu trouver leur place dans le modèle ouvert de l'Université humboldtienne. En France, où l'introduction des « disciplines sociales » figurait dans le cahier des charges de la refondation universitaire de la Troisième République, c'est pourtant dans des institutions périphériques, fussent-elles prestigieuses – le Collège de France, l'École pratique des hautes études, l'École normale –, que certaines d'entre elles ont été longtemps hébergées. Dans tous les cas, les nouvelles venues ont rencontré la résistance, et parfois la franche hostilité, des disciplines classiques avec lesquelles il leur a fallu tenter de négocier un territoire propre. De multiples conflits

sont nés de ces confrontations, en particulier en Allemagne et en France : conflits de méthodes, mais aussi, de façon plus diffuse, plus publique aussi, opposition entre des cultures spécialisées et la traditionnelle revendication d'une culture générale dont les lettres, la philosophie et l'histoire se concevaient comme les seules dépositaires légitimes¹.

Mais il y a plus. Si le pavillon des sciences sociales est fortement visible au début du xx^e siècle, il couvre en fait des réalités hétérogènes. Leur développement, on l'a souvent souligné, s'est inscrit dans un cadre national dont résultaient des attentes, des ressources, mais aussi des contraintes particulières. Il porte aussi la marque de traditions intellectuelles profondément différenciées. Dans le monde allemand, qui fait figure de référence au tournant du siècle, l'héritage ancien de la tradition caméraliste, d'une part, la centralité de la philosophie dans les formations supérieures, de l'autre, ont été à l'origine d'une préoccupation réflexive qui contraste fortement avec l'expérience américaine, où prédominait l'exigence d'une connaissance positive du monde social. À ces contextes correspondent des dispositifs eux aussi différents : une conception plus englobante, une intégration relativement poussée, dans le premier cas, à partir d'un questionnaire largement partagé ; dans le second, une institutionnalisation rapide, mais segmentée, dans laquelle chaque discipline définit pour son compte son périmètre et ses règles. La France propose un paysage encore différent : une communauté méthodologique fortement revendiquée mais un éclatement institutionnel qui durera jusque dans la seconde moitié du xx^e siècle.

De quoi, d'ailleurs, parle-t-on quand on évoque les sciences sociales ? Par-delà des distinctions sémantiques qui ne sont pas négligeables (entre sciences sociales, sciences humaines, sciences de l'homme), on a bien affaire à un ensemble de programmes qui ont en commun de s'opposer à la tradition des humanités (même si elles ne le font pas toujours dans les mêmes termes) et de proposer une intelligence du monde contemporain. Au tournant du siècle, elles s'inscrivent aussi sur fond d'un évolutionnisme hérité du xix^e siècle mais qui peut faire l'objet de lectures contrastées. Ces programmes se veulent scientifiques ; ils entendent se conformer à l'agenda méthodique et épistémologique des sciences positives – à l'exception notable du monde allemand où la distinction, formulée par Dilthey, entre les sciences de la nature et celles de l'esprit, est à l'origine d'un clivage essentiel et dont les effets vont être durables. Au-delà, les contenus diffèrent substantiellement. La science politique et l'économie sont très tôt instituées dans les universités américaines, bien plus

1. Ringer 1992.

tardivement en France. L'histoire ne fait pas partie du cercle des sciences sociales aux États-Unis, où le clivage avec les humanités est plus tranché, tandis qu'elle reste une protagoniste reconnue des nouvelles disciplines (même s'il lui arrive d'être sévèrement remise en cause dans ses démarches) en Allemagne ou en France. Pas de définition unifiée, donc, mais une série d'agencements qui renvoient à autant d'expériences singulières. Les conditions dans lesquelles se sont constituées les nouvelles disciplines, tantôt par soustraction à des domaines préexistants, tantôt par adjonction, les rapports de concurrence (et parfois aussi de solidarité) qu'elles entretiennent entre elles, les paradigmes dans lesquels elles ont choisi de s'inscrire, sont autant d'éléments décisifs. La psychologie, qui tient pourtant une place éminente dans l'ordre des savoirs sociaux au tournant du siècle, reste une entité fragile, parce qu'elle reste éclatée entre les facultés de médecine et celles des lettres. L'anthropologie, elle aussi sollicitée en différentes directions, est longue à trouver une assise disciplinaire stabilisée. L'économie, très tôt autonomisée dans le monde anglo-saxon, demeure longtemps en France dans la mouvance des facultés de droit. À l'inverse, la sociologie, dans sa version durkheimienne, manifeste d'emblée l'ambition de s'affirmer comme *la* science sociale, celle dont les autres disciplines ne seraient que des branches spécialisées. Cette conception, fermement affirmée dans les textes prescriptifs de l'école, commande aussi l'organisation du travail pratique de ses membres, comme en témoignent les sommaires de la première *Année sociologique* ; c'est elle encore qui alimente une série de polémiques talentueuses ouvertes par les durkheimiens, par François Simiand en particulier, à l'encontre des historiens, des géographes ou des économistes. Pourtant, cette première tentative d'une organisation volontariste, systématique, autour d'une conception de la science et d'une méthode n'a pas d'avenir immédiat parce que la sociologie n'a pas les moyens de son entreprise face à des disciplines plus solidement installées. Cet épisode n'est pas anecdotique pour autant. Car il pose comme problème l'existence d'une communauté des sciences sociales qui reste largement à démontrer.

Le bilan de ce moment des fondations est donc en demi-teinte. De nouveaux programmes de connaissances sont proposés ; ils sont associés à des formations spécialisées, qui débouchent dans certains cas sur des compétences professionnelles ; tous ensemble, ils répondent aux demandes de sociétés qui ont besoin de données sûres pour définir des règles de gestion et d'action. En ce sens, les sciences sociales ont bien réussi leur percée. Dans un âge scientifique, elles trouvent leur légitimité dans la production de connaissances qu'elles affirment être capables de soustraire de façon méthodique aux biais de l'opinion et de l'idéologie.

Elles peuvent donc nourrir l'ambition de participer au bien commun. Mais elles ne forment pas pour autant un ensemble unifié ni même coordonné. Leur projet est bien de proposer un modèle de connaissance général, mais il est mis en œuvre dans des conditions qui restent fortement tributaires de conditions et de traditions nationales. Les deux constructions théoriques majeures qui, en ces mêmes années, se donnent pour tâche de les penser comme un ensemble, celle d'Émile Durkheim en France et celle de Max Weber en Allemagne (et qui sur le moment peuvent d'ailleurs s'ignorer superbement), vont nourrir une bonne part du débat pendant l'essentiel du ^{xx}e siècle, et jusqu'à nos jours. Mais dans l'immédiat, elles ne suffisent pas à convaincre les protagonistes de s'accorder sur un ordre commun des sciences sociales alors même qu'ils ne cessent de s'interroger sur leur spécificité¹.

1920-1970 : le modèle américain

Le demi-siècle qui va des lendemains de la Première Guerre mondiale aux années 1960 est souvent décrit comme celui d'une hégémonie américaine dans le domaine des sciences sociales, longuement préparée et puissamment affirmée après 1945. Le diagnostic est certainement trop sommaire. Il reste vrai qu'un modèle original se met alors en place, qui est inséparable d'une croissance spectaculaire des disciplines sociales, des résultats qu'elles produisent et de la place qu'elles occupent dans la manière dont la société se pense et se gère. La conviction qu'une accumulation des connaissances est nécessaire à l'amélioration des conditions sociales et au progrès démocratique n'est en rien propre aux États-Unis. Mais tandis que l'Europe est encore en proie au doute au lendemain de la guerre, ceux-ci se préoccupent d'organiser un avenir qui leur semble promis. À l'arrière-plan se profile une théorie de la modernisation qui trouvera sa pleine explicitation après le second conflit mondial et qui est porteuse d'une perspective normative implicite.

Au service de ce programme, une conception rigoureuse de l'activité scientifique très fortement inspirée par le positivisme logique. Sur le modèle des sciences de la nature, elle associe l'exigence d'observations empiriques systématiques à des protocoles d'analyse précisément étalonnés. Pour répondre à ce qu'on attend d'elles, les nouvelles sciences sociales doivent donc se donner les moyens de produire des données objectives et testables, indépendantes de tout biais subjectif et de toute préconception

1. Fabiani 2006 (p. 22).

idéologique. Plutôt que de spéculer sur des réalités qui restent hors d'atteinte et de tout contrôle possible, il faut se concentrer sur l'observable, c'est-à-dire sur des comportements. Au « mentalisme » s'oppose le béhaviorisme, dont John B. Watson forge le nom et dont il expose le programme et la méthode dans un ouvrage qui fait date en 1925¹. Sur la base de variables observables et mesurables, cette approche se propose de rendre compte expérimentalement de comportements psychologiques, économiques, sociaux. Watson est un psychologue passé de l'étude des comportements animaux à celle des comportements humains et qui entend décrire et mesurer les réactions d'individus en réponse à des stimuli extérieurs et définis comme sociaux. Une fois agrégés, les résultats de l'observation pourront être traités statistiquement et ils permettront d'identifier des régularités positives. Des données agrégées, des comparaisons et des contrôles auxquels elles se prêtent, on attend qu'ils rendent possible de dégager des catégories générales objectives. Mais l'ambition n'est pas ici seulement nomologique : elle est aussi prédictive. Toujours sur le modèle des sciences de la nature, on pense pouvoir contribuer à la formulation de décisions et à la définition de politiques rationnelles.

L'approche béhavioriste a souvent été caricaturée sous la forme simplificatrice d'un binôme stimulus-réponse (et il est arrivé qu'elle se conforme à cette caricature). Mais outre qu'elle a fait l'objet de développements divers et concurrents ainsi que, parfois, d'une extrême sophistication, il reste qu'elle a durablement marqué les sciences sociales aux États-Unis et à partir d'eux. La psychologie expérimentale est bien évidemment la première discipline affectée par ce nouveau programme, dès les années 1920. À partir de la décennie suivante et jusqu'aux années 1960, le béhaviorisme radical de Burrhus F. Skinner y occupe une position centrale. Mais le modèle scientifique est bientôt repris à leur compte par d'autres disciplines. Plutôt qu'aux institutions politiques, aux programmes et aux intentions, ou encore à une réflexion théorique sur la démocratie, la science politique choisit elle aussi de se consacrer à l'étude des comportements de ceux qui en sont les acteurs effectifs aux différents niveaux où ils se situent, des comportements électoraux à ceux des partis et aux mécanismes de production de l'opinion. L'économie suit le mouvement. Dans les années d'incertitude de la Grande Dépression, alors que le besoin est pressant d'arrêter les principes d'une intervention politique et de pouvoir prévoir les crises dans l'avenir, l'analyse cyclique doit pouvoir se fonder sur des données massives et sûres. La mathématisation de la discipline, en particulier de la macroéconomie, va devenir l'un de ses

1. Watson 1925.

traits distinctifs. Elle s'étend en ces années, avec le développement de l'économétrie. Dans tous ces cas, l'outil statistique est devenu essentiel à l'analyse des données et aux formes d'expérimentation auxquelles celles-ci se prêtent. La tradition en est relativement ancienne, mais la statistique fait désormais partie intégrante de l'équipement, de la pratique, et aussi d'un style nouveau des sciences sociales qui s'impose en ces années. À ce propos, l'historienne Dorothy Ross parle d'une conception qui relève de l'« ingénierie » scientifique¹. Le terme est bien choisi, qui associe un positivisme revendiqué, une forte exigence procédurale, en même temps que la préoccupation d'apporter des réponses factuelles à des problèmes sociaux concrets.

Le modèle qui s'impose est porté par un ensemble de conditions favorables. L'entre-deux-guerres voit aux États-Unis un fort développement du réseau universitaire et des sciences sociales en son sein. Des nouveaux départements spécialisés qui se créent, on entend qu'ils produisent des approches inédites mais aussi qu'ils forment les spécialistes dont la société a besoin. L'État fédéral encourage le mouvement, mais il n'est pas seul à le faire dans un pays où le haut enseignement reste très décentralisé. La « philanthropie scientifique » joue ici un rôle décisif. Les fondations privées – Carnegie, Russell Sage, Rockefeller, Ford plus tardivement, pour ne retenir que les plus visibles – participent massivement au développement des sciences sociales dont elles attendent une contribution décisive à « l'amélioration des conditions sociales et des conditions de vie aux États-Unis » (avant de tenter d'étendre leur programme à l'Europe puis au reste du monde). Elles encouragent les efforts de quelques universités choisies, comme celle de Chicago. Elles contribuent aussi à l'orientation des politiques publiques à travers les thématiques qu'elles privilégient; elles le font aussi en soutenant, par exemple, la création du Social Science Research Council en 1923. Les financements lourds qu'elles accordent à des programmes de recherche et de formation sélectionnés sont compris comme autant de contributions à un progrès qui doit protéger le monde contemporain contre les crises et la menace d'une rupture radicale, hantises de ces années difficiles. Leur perspective est explicitement utilitariste et réformiste. D'où l'accent qui est significativement placé sur l'apport qui peut être celui des sciences sociales à une meilleure intégration et à une stabilisation du monde social: on attend d'elles qu'elles permettent de formuler des solutions politiques pratiques. D'où sans doute aussi le choix qui est fait de considérer la société dans ses multiples dimensions comme un

1. Ross 1991 et 2003.

ensemble systémique régi par des fonctions régulières qui en assurent l'équilibre et l'harmonie. Les approches fonctionnalistes – le mot apparaît dans les années 1930 – vont caractériser durablement ce moment de l'histoire des sciences sociales.

L'expérience de la Seconde Guerre mondiale renforce encore ces tendances. Économistes, psychologues, sociologues, anthropologues sont alors massivement mobilisés au service d'un effort de guerre que l'on cherche à rationaliser. Les praticiens sont requis de travailler en équipes et de coordonner leurs démarches pour proposer des solutions à des problèmes pratiques. Celles-ci s'étaient essentiellement inscrites dans un cadre disciplinaire. Elles doivent maintenant pouvoir être confrontées au sein d'un cadre commun de références et de pratiques. Les deux décennies d'après guerre, qui sont celles du plus fort épanouissement du modèle américain, voient ainsi se développer une interdisciplinarité qui a été de fait avant de faire l'objet de théorisations ambitieuses. Sur un fonds ancien de convictions positivistes et scientistes se greffe une nouvelle ambition théorique, portée par la certitude que les sciences sociales ont désormais atteint l'âge de la maturité. Talcott Parsons (1902-1979) est sans doute l'une des figures qui incarnent le mieux ce moment. Formé en Europe à la croisée entre économie et sociologie, il a été profondément influencé par les œuvres de Durkheim, Weber, Pareto. La théorie de l'action qu'il n'a cessé de développer depuis la fin des années 1930 propose une vaste construction conceptuelle au sein de laquelle il se propose de classer les comportements individuels et collectifs et les valeurs qui les orientent. Le structuro-fonctionnalisme auquel son nom reste attaché est inséparable d'un projet systémique sophistiqué. Mais Parsons est porteur d'un projet pratique aussi, puisqu'il entend définir ce que peuvent être pour une société les meilleures conditions d'adaptation au changement. Il est enfin un bâtisseur d'empire académique. Le Department of Social Relations qu'il fonde à Harvard en 1946 et qui réunit des sociologues, des psychologues sociaux et cliniciens, des anthropologues, est le premier exemple d'un département pluridisciplinaire aux États-Unis : il y voit les composantes d'une « science sociale de base » enfin intégrée. Ces partenaires ne partagent pas seulement un grand projet ; ils mettent en commun toute une culture technique de la recherche dont on a récemment montré l'importance¹. Au service de l'entreprise, Parsons déploie une efficace activité de *broker*, qui lui permet de mobiliser des appuis institutionnels publics et privés, des ressources et de l'influence, comme c'est le cas de son contemporain, l'économiste, politologue et psychologue

1. Isaac 2012.

Herbert Simon, et d'un certain nombre de figures de premier plan (Paul Lazarsfeld, Robert Merton) et de nombre de programmes de recherche qui se multiplient en ces années.

C'est le temps des grandes espérances. Portées par une spectaculaire croissance universitaire – elles sont désormais installées dans les centres les plus prestigieux –, par le soutien renforcé des agences publiques (dont la National Science Foundation, 1950) et des fondations privées, en prise directe sur les demandes et sur les choix des décideurs, les sciences sociales paraissent indispensables au fonctionnement d'une société moderne. La recherche opérationnelle est à l'ordre du jour. Au paroxysme de la guerre froide, elles offrent la perspective d'une gestion tout à la fois volontariste et libérale que formalise la théorie de la modernisation¹. Elles prétendent à une rigueur scientifique exemplaire. La mathématisation, la formalisation et la modélisation sont à l'ordre du jour dans plusieurs domaines disciplinaires, à commencer par l'économie néoclassique dont les principes sont codifiés par Samuelson, Leontief, Friedman et nombre d'autres : par-delà leurs différences, qui peuvent être notables, leurs vues dessinent ensemble un canon (*mainstream*) qui va s'imposer à la discipline dans le reste du monde. Plus généralement, des instruments théoriques et méthodologiques sont désormais partagés : ainsi de la théorie des jeux ou de celle du choix rationnel, ainsi du paradigme de l'individualisme méthodologique repris à leur compte par la science politique et, à un moindre degré, par la sociologie. Dans leur version américaine, les sciences sociales combinent ambition théorique et exigence empirique : le *survey* devient la forme canonique de l'enquête statistique lourde. Puissamment installées, fortement reconnues en termes d'utilité sociale, elles paraissent en voie d'intégration. Dans ce moment de force, elles peuvent prétendre s'offrir en modèle de référence.

Les expériences européennes

Face à l'offre américaine, l'Europe dispose de ressources limitées. Pourtant elle aussi offre de grands noms et de grandes œuvres, dont certaines font l'objet d'une très forte reconnaissance internationale, de Vilfredo Pareto à John Maynard Keynes, de Maurice Halbwachs, Marcel Mauss, à Marc Bloch, Jean Piaget ou Norbert Elias, pour ne retenir que quelques figures célèbres. Mais les sciences sociales y restent relativement marginales ; elles sont dispersées et faiblement intégrées. Elles

1. Gilman 2003.

ont payé un lourd tribut aux désastres des deux guerres mondiales; elles sont menacées de disparaître par les régimes totalitaires dont l'instauration a été à l'origine de l'émigration d'un grand nombre de spécialistes majeurs vers le Nouveau Monde. Les flux se sont, en quelque sorte, inversés par rapport aux premières décennies du siècle. Au voyage de formation en Europe, en Allemagne en particulier, s'est substitué le séjour aux États-Unis, facilité par une politique résolue d'invitations, de bourses et d'échanges. On a beaucoup parlé d'une hégémonie américaine pour qualifier cette période. Il est vrai que d'Amérique proviennent désormais des standards de recherche qui sont repris à travers le monde. C'est particulièrement le cas pour l'économie¹ et ce l'est aussi dans une large mesure pour les sciences politiques, pour certains aspects de la sociologie. Ce mouvement concerne le monde entier, en particulier les pays émergents. Il est vrai aussi que certains pays européens, comme le Royaume-Uni ou les pays nordiques, sont plus accueillants que d'autres à une conception utilitariste des sciences sociales. Mais c'est plus généralement une internationalisation qui s'impose alors, au service de laquelle des agences comme l'Unesco tiennent une place importante. Elle encourage bien évidemment la diffusion de modèles communs. Elle peut aussi, à l'occasion, offrir l'occasion de confrontations critiques qui ne sont pas seulement anecdotiques².

Il n'est pas aisé de trouver des caractéristiques communes aux expériences européennes, ne serait-ce que parce qu'elles s'enracinent en des traditions intellectuelles, politiques et sociales profondément différentes. Une comparaison entre l'anthropologie britannique et l'anthropologie française permet d'en prendre la mesure, comme l'illustrent aussi les développements divergents de la recherche sociologique entre la France et l'Allemagne. Il reste qu'un certain nombre de références fondatrices sont partagées (ce qui ne signifie pas pour autant qu'elles ne soient pas discutées): ainsi Durkheim et Weber, mais aussi Marx et, jusqu'à un certain point, Freud. On observe aussi que là où les sciences sociales américaines entendaient contribuer à l'intégration du monde social et à sa stabilisation, leurs homologues européennes privilégient davantage une position critique. Un projet inscrit dans une durée relativement longue, comme celui de l'Institut de recherche sociale (plus tard connu sous le nom d'École de Francfort), en est un exemple parlant³. Il est fondé en 1923 et l'histoire en est discontinue, puisqu'elle passe par l'exil à New York dix ans plus

1. Fourcade 2006.

2. Guilhot, Heilbron et Jeanpierre 2009.

3. Jay 1977 [1973], Durand-Gasselin 2012.

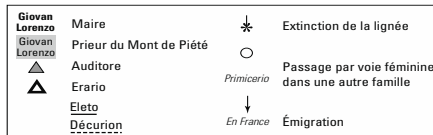
tard, avant un retour en Allemagne après la Seconde Guerre mondiale ; elle se prolonge sur plus de trois générations. Elle est polyphonique aussi, dès la génération des grands fondateurs, Horkheimer, Adorno, Fromm, Benjamin, et ne se laisse pas résumer dans une formule commune. L'entreprise rassemble cependant des chercheurs qui se proposent de mobiliser des approches diverses des sociétés contemporaines au service d'une « théorie critique » : critique des formes avancées de l'évolution du capitalisme et des pathologies sociales qu'elles engendrent, mais aussi critique réflexive du travail de la critique. À partir d'un diagnostic de crise – les promesses des Lumières ont été dévoyées, elles débouchent sur « une nouvelle forme de barbarie¹ » –, le travail collectif se propose de rendre compte des différentes dimensions de l'aliénation dans l'organisation du travail et les relations sociales, dans la production et la consommation culturelles, dans les formes de l'expérience quotidienne. La théorie critique se donne moins pour tâche de produire une synthèse que de confronter des points de vue et des démarches (celles de l'économie, de la sociologie, de la philosophie politique, de l'esthétique, de la psychologie et de la psychanalyse), de façon à enrichir en permanence un espace d'interrogations plurielles. On mesure ce qui peut séparer un tel projet des conceptions américaines. L'exigence d'une objectivité scientifique fondée sur l'observation empirique et sur la standardisation des procédures, la constitution d'un savoir positif comptent moins ici que le déplacement du questionnaire et son renouvellement constant. L'enracinement philosophique et le prolongement du projet marxiste sont évidents, comme l'est le souci constant d'une inscription historique de l'analyse.

Cette présence de la dimension historique dans le concert des sciences sociales ne se limite pas à la seule mouvance de l'héritage wébérien. On en retrouve en France une version bien différente, plus modeste, certainement plus empirique, mais dont les effets ne sont pas moins durables. L'expérience des *Annales*², la revue fondée par Marc Bloch et Lucien Febvre en 1929, et ses prolongements institutionnels au lendemain de la guerre³, est à l'origine d'une configuration disciplinaire originale dans laquelle l'histoire tient une place centrale et, jusqu'à un certain point, unique. Fernand Braudel peut ainsi revendiquer pour elle un rôle nécessaire dans le difficile dialogue entre les sciences sociales, toutes requises

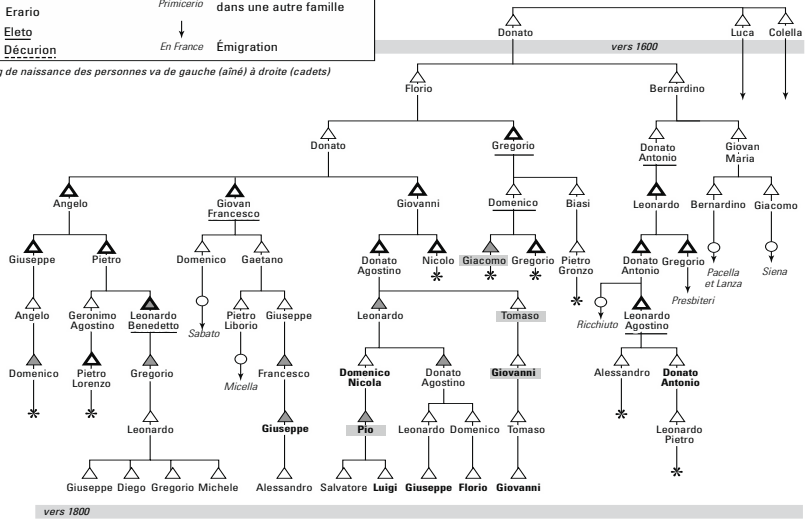
1. Adorno et Horkheimer 1974 [1947], Adorno 2003 [1951].

2. Connue génériquement sous le nom d'*Annales*, la revue a d'abord été intitulée *Annales d'histoire économique et sociale* ; en 1946, elle est devenue *Annales. Économies, sociétés, civilisations* ; en 1994, elle a pris son titre actuel : *Annales. Histoire, sciences sociales*.

3. Avec la création de la Sixième Section de l'École pratique des hautes études (1947), qui deviendra l'École des hautes études en sciences sociales en 1975. Sur le modèle, voir Braudel 1972.



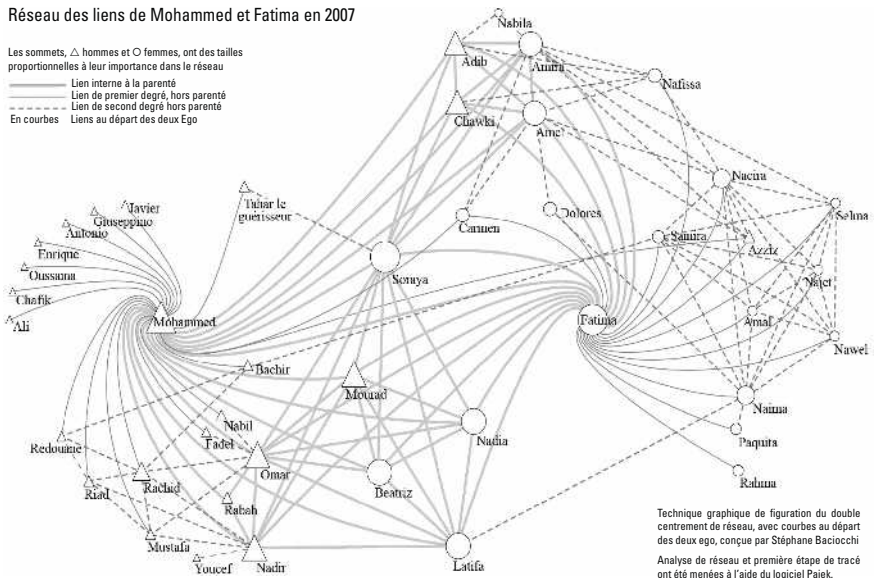
N.B. Le rang de naissance des personnes va de gauche (aîné) à droite (cadets)



1. La transmission des charges au sein d'un lignage en Italie aux XVII^e-XVIII^e siècles (Delille 2003).

Réseau des liens de Mohammed et Fatima en 2007

Les sommets, △ hommes et ○ femmes, ont des tailles proportionnelles à leur importance dans le réseau
 — Lien interne à la parenté
 — Lien de premier degré, hors parenté
 - - - Lien de second degré hors parenté
 En courbes Liens au départ des deux Ego



Technique graphique de figuration du double centrisme de réseau, avec courbes au départ des deux ego, conçue par Stéphane Baciocchi
 Analyse de réseau et première étape de tracé ont été menées à l'aide du logiciel Pajek.

2. Les réseaux : un double espace relationnel (Cottareau et Marzok 2011).

Deux exemples de représentations du monde social

de prendre en compte l'inscription temporelle des phénomènes qu'elles étudient¹. Deux décennies plus tard, dans un contexte intellectuel différent dominé par un marxisme ouvert et critique, le milieu réuni autour de la revue *Past and Present*, puis, plus largement, autour de la *New Left*, proposera une version comparable, même si elle est plus explicitement politique, du même projet.

Ces exemples, parmi d'autres variations européennes qu'il aurait été souhaitable de pouvoir prendre en compte, posent l'un et l'autre le problème de l'organisation des rapports entre les sciences sociales. En simplifiant les choses à l'extrême, il est possible d'opposer deux formules. La première entend prescrire la conformation de chaque pratique disciplinaire particulière à un modèle épistémologique et méthodologique commun ; c'est, on s'en souvient, celle que Durkheim et ses disciples avaient tenté d'imposer autour des règles de la méthode sociologique au début du xx^e siècle ; c'est elle encore que l'on a vue resurgir avec le moment structuraliste dans les années 1960². La seconde formule est souple : elle passe par une coexistence de fait et par la multiplication des points de vue et le régime de l'emprunt ; c'est celle qu'illustrent, selon des modalités très différentes, l'élaboration d'une théorie critique par l'école de Francfort et l'expérience, tout empirique, des *Annales*. Le problème de la pluri- et de l'interdisciplinarité est sans nul doute aussi ancien que les sciences sociales elles-mêmes et il n'a cessé de les interroger, depuis plus d'un siècle, sur ce qui fonde leur communauté ainsi que sur leur statut et sur leur légitimité scientifiques.

Turbulences et recompositions

Entre l'Amérique et l'Europe, les différences sont donc fortes : différence de taille, mais aussi de conception des dispositifs scientifiques ; le rôle et l'utilité des sciences sociales n'y sont pas pensés ni mis en œuvre de la même manière. Le rapport de force, enfin, est inégal : les décennies qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale sont celles d'une prépondérance marquée du modèle américain, qui est repris à travers le monde. Dans cette période de croissance durable, il propose l'image rassurante d'un ensemble de savoirs positifs et cumulatifs dont on attend qu'ils contribuent au progrès économique, social, culturel et politique des

1. Braudel 1958, repris in Braudel 1972 (p. 41-83).

2. Lévi-Strauss 1964. On en reste ici à des exemples français. Mais on peut, sans forcer les choses, identifier à ce modèle le « moment Parsons » des sciences sociales américaines après la Seconde Guerre mondiale.

sociétés contemporaines. Cet optimisme, et les certitudes scientistes qui le soutiennent, se voient pourtant mis en cause à partir des années 1960-1970. Commence alors un long temps de turbulences dont nous ne sommes pas encore sortis.

Les raisons en sont complexes. La critique du modèle structuro-fonctionnaliste a pu être entreprise assez tôt (Charles Wright Mills, *L'Imagination sociologique*, 1959), mais c'est surtout autour de 1968, repère symbolique, qu'elle s'est faite plus radicale et qu'elle s'est faite plus générale, en sociologie et en sciences politiques, et même, à un moindre degré, en économie. Là où l'on avait choisi de penser en termes de systèmes fonctionnels intégrateurs, tout à la fois cadres d'analyse et projection idéologique, on insiste maintenant sur ses dysfonctionnements et l'on valorise les expériences marginales ou alternatives (l'asile, la prison, la maladie mentale) avec la conviction qu'elles ont quelque chose d'essentiel à nous apprendre sur la société dans son ensemble. Le succès de projets intellectuels aussi différents que ceux d'Herbert Marcuse ou Erving Goffman aux États-Unis, de Michel Foucault en France, peut servir à illustrer ce déplacement majeur. Mais bientôt c'est l'idée même de la société comme une totalité, « comme un ensemble naturel intégré par ses fonctions systémiques et par sa culture¹ », qui se voit remise en cause. La crise mondiale qui commence avec les années 1970 confronte les acteurs sociaux, et les praticiens des sciences sociales parmi eux, avec des réalités difficilement déchiffrables. Le monde dans lequel ils vivent et dont ils s'efforcent de rendre compte leur apparaît moins cohérent, moins lisible. La globalisation (ou la mondialisation), thématique devenue obsessionnelle pendant les dernières décennies, ajoute encore à cette opacité, comme le font les transformations profondes de la carte géopolitique du monde. Dans le même temps, les vieilles sociétés développées font l'épreuve d'un changement radical de leur rapport au temps historique. La « crise de l'avenir » que diagnostique Krzysztof Pomian en 1980², la sortie du temps du progrès en désorganisent l'expérience : un avenir mal déchiffrable, un présent incertain, un passé qui n'offre plus les garanties que l'on attendait de lui. Aux majestueuses évolutions de longue, voire de très longue durée, dans lesquelles paraissaient s'inscrire des transformations massives et autoréalisatrices s'est substitué un temps discontinu, non linéaire, jalonné de seuils et de bifurcations. Un temps d'incertitudes qui s'oppose à l'optimisme scientiste et méthodologique de la période précédente.

Le vieux socle de certitudes positives qui avait porté le développement

1. Dubet et Martuccelli 1998 (p. 17).

2. Pomian 1999 (p. 233-262).

des sciences sociales se voit ébranlé. *La Structure des révolutions scientifiques*, que publie Thomas S. Kuhn en 1962, en est un premier signe fort. L'ouvrage, qui sera à l'origine d'un très large débat, propose, autour de la notion de paradigme, une lecture discontinuiste des formes du progrès scientifique et développe une conception pragmatiste de la vérité scientifique. Les thèses en seront parfois exaspérées dans le sens d'un relativisme radical, comme dans l'épistémologie développée par Paul Feyerabend. Plus utilement, elles inspireront aussi les « études sociales sur les sciences » (*science studies*) qui entendent ne pas séparer les acquis de la science des conditions institutionnelles, sociales et pratiques dans lesquelles ils ont été obtenus. Du point de vue des sciences sociales, c'est l'idée même d'une connaissance neutralisée, protégée de toute sollicitation externe, qui se trouve ainsi mise en cause. Le débat est repris et pour partie réorienté pendant les années 1970 par le philosophe américain Richard Rorty. Il l'est aussi, avec des attendus très différents au départ, en Europe, en particulier à travers l'œuvre de Michel Foucault dont la réception et les interprétations sont très largement internationales. Foucault reformule lui aussi le problème de la vérité scientifique autour du concept de « véridicité » en demandant dans quelles conditions historiques et épistémologiques particulières il est possible de poser une question en termes de vrai et de faux. L'homme qu'étudient les sciences humaines, la société que se donnent pour objet les sciences sociales, ne sont que des agencements historiques, datables et provisoires¹. Par ailleurs, les connaissances que produisent ces savoirs sont inséparables, selon lui, d'un long processus de mise en ordre et de contrôle du monde social par des pouvoirs « disciplinaires ». Ces critiques sont, on le voit, d'inspiration et de nature très diverses. Elles prennent sens dans des traditions philosophiques profondément différentes : le pragmatisme américain, le second Wittgenstein dans le monde anglo-saxon, la philosophie « continentale » en Europe. Il leur est parfois arrivé d'être conjuguées, comme c'est le cas dans l'« anthropologie interprétative » qu'a proposée Clifford Geertz et qui a si profondément laissé son empreinte sur toute une part des sciences sociales². Toutes ensemble, elles offrent un répertoire dans lequel ont puisé les propositions dans les dernières décennies. On en tirera parfois les raisons d'un relativisme sceptique généralisé, comme dans les formes les plus radicales du « tournant linguistique ». Mais elles serviront aussi d'appui à des entreprises neuves : celle des *science studies* évoquées plus haut ; dans

1. Foucault 1966 et 1975. Du même, on consultera bien entendu les *Dits et écrits* (1994), s.v. « véridiction », « vérité », « histoire de la vérité », « jeux de vérité ».

2. Geertz 1973.

l'approche socio-anthropologique de l'activité scientifique développée par Bruno Latour, Michel Callon ou Peter Galison. Elles trouvent aussi une proposition de cadrage épistémologique avec *Le Raisonnement socio-logique* de Jean-Claude Passeron¹.

Enfin, c'est la configuration générale du débat qui se voit profondément remaniée. Pendant longtemps, il s'était circonscrit à l'Europe et à l'Amérique du Nord. Pendant les dernières décennies, il est devenu mondial. « Provincialiser l'Europe », le mot d'ordre lancé par Dipesh Chakrabarty, va en fait bien au-delà de sa cible explicite. Les protagonistes sont désormais bien plus nombreux et ils sont différents parce qu'ils n'avaient pas été pris en compte jusque-là. Ils font valoir des attentes, ils témoignent d'expériences diversifiées et obligent à une reformulation des enjeux. Le développement spectaculaire des études féministes, des études postcoloniales et des *subaltern studies*, pour ne citer que certains domaines les plus visibles, ne propose pas seulement des revendications alternatives, de traiter enfin le monde « à parts égales ». Il rend possible une multiplication de points de vue différents sur des réalités qui n'avaient été jusque-là abordées que dans une perspective restreinte aux pays qui avaient conçu et porté le programme des sciences sociales. Ce n'est sans doute pas un hasard si ces mêmes années sont celles qui ont vu la démarche anthropologique occuper une place centrale dans le dispositif des sciences sociales. C'est qu'elle permet de prendre en compte la diversité des expériences humaines et de les confronter à travers l'exercice de la comparaison. Ces programmes de décentrement par rapport aux problématiques « classiques » sont aujourd'hui déclinés de multiples manières. Pour en retenir un exemple, particulièrement significatif parce qu'il répond à des interrogations qui sont devenues centrales dans nos sociétés, toute une série d'approches environnementales (historiennes, sociologiques, éco-anthropologiques, éthiques) est venue, elle aussi, remettre en question la centralité et l'exceptionnalisme humains depuis les années 1970, les entités naturelles étant désormais pensées et comme les protagonistes d'un « social » qui se voit ainsi très largement reformulé dans la réflexion en cours sur l'Anthropocène.

De ces incertitudes et de ces questionnements nouveaux, le premier résultat a sans nul doute été l'érosion accélérée des grands paradigmes fonctionnalistes qui avaient, explicitement ou non, sous-tendu le programme des sciences sociales depuis la fin du XIX^e siècle. Ils avaient

1. Le sous-titre de l'ouvrage, dont une première version est publiée en 1991 (2^e édition profondément révisée en 2006), en explicite le projet qui est celui d'identifier des règles de scientificité propres aux sciences humaines et sociales : « L'espace non poppérien du raisonnement naturel ».

pu être très divers, du structuro-fonctionnalisme américain aux marxismes européens et au structuralisme, sans oublier le vieux fonds positiviste qui a tenu une place si durable dans la vie scientifique française. Mais, si différents soient-ils, ils proposaient un cadre intégrateur qui garantissait le projet, au moins asymptotique, d'une saisie et d'une intelligibilité globales du monde socio-historique. Alors même que le processus de globalisation est à l'œuvre, et sans nul doute parce qu'il est à l'œuvre, c'est la représentation de la société comme une totalité ou comme un système qui est, provisoirement, devenue difficile à penser. Dans le même temps, les ambitions de la plupart des disciplines sociales ont été revues à la baisse par rapport à ce qu'elles pouvaient être une génération plus tôt. Ou, plus exactement, elles se sont faites plus modestes et, surtout, plus réflexives. Elles interrogent aujourd'hui leur généalogie, les concepts et les instruments dont elles se servent, les conditions effectives de leurs pratiques, les usages sociaux des résultats qu'elles produisent. Pierre Bourdieu rappelait que « les sciences sociales ont le privilège de pouvoir utiliser leurs propres instruments scientifiques comme des instruments de réflexivité¹ ». De ce privilège, elles ont appris à faire un usage critique qui est souvent éclairant², même s'il arrive aussi que l'exercice de la réflexivité se fasse narcissique et devienne un but en soi.

Ces turbulences, que Quentin Skinner a évoquées comme une série de « vagues successives » lancées contre la forteresse des sciences sociales positives telle qu'elle s'était constituée pendant plus d'un demi-siècle, ont eu pour conséquences des révisions et des réorganisations en profondeur. L'unité du champ des sciences sociales est sans nul doute moins évidente qu'elle ne l'était dans les attentes : il s'est au contraire davantage fragmenté et aucun paradigme général ne prétend aujourd'hui pouvoir en rendre compte. Entre les disciplines et leurs démarches, des clivages se sont marqués, en particulier entre l'économie et le reste des sciences sociales, même si des réflexions récentes font voir qu'on ne saurait se contenter d'opposer trop simplement les sciences du « modèle » et celles du « récit³ ». On aurait tort, par ailleurs, de ne souligner que l'aspect négatif de ces transformations. Tout autant que de fragmentation, il n'est pas abusif de parler ici de recompositions, au moins partielles. Les programmes de recherche sont devenus plus modestes, mais, affranchis des modèles dominants, ils se prêtent plus efficacement à la confrontation entre les disciplines : ainsi entre les sciences cognitives et les disciplines sociales

1. Bourdieu 2004 (p. 19).

2. Pour un exemple remarquable, voir Desrosières 1993.

3. Grenier, Grignon et Menger 2001.

plus anciennement installées, comme l'anthropologie, l'économie, la linguistique. Il est certainement devenu plus difficile de penser l'interdisciplinarité comme un droit, plus encore d'imaginer une science sociale réunifiée. La « pratique restreinte » qu'en recommande Bernard Lepetit n'implique pourtant aucun renoncement : outre qu'elle permet d'enregistrer comme une donnée de fait le degré relatif d'ouverture propre à chaque discipline, elle souligne que les mécanismes de l'innovation, dont les transferts disciplinaires sont un cas particulier, supposent entre les approches des différences telles que l'on puisse en attendre un bénéfice en termes de connaissances¹.

Ce travail de recomposition à la base n'est pas spectaculaire. Le modèle du défrichement par larges fronts pionniers, qui avait été longtemps dominant dans l'imaginaire des sciences sociales, a laissé place à des formes d'expérimentation plus locales. L'éclipse des paradigmes unificateurs a pourtant eu des conséquences reconnaissables. La plus évidente en est peut-être la reprise en compte des acteurs qui avaient longtemps été absents au profit d'approches systémiques. Les grands modèles fonctionnalistes n'impliquaient pas que l'on fît appel à eux pour rendre compte de ce qui survient dans le monde social. Leur affaiblissement contemporain (et sans doute aussi la défaillance des institutions de régulation dans la plupart des sociétés contemporaines) peut aider à comprendre le « tournant pragmatique » qui, de la sociologie des grandeurs à l'économie des conventions, des *science studies* à la micro-histoire, propose la représentation d'un monde social discontinu, régi par des formes de rationalité discrètes, imposant aux acteurs des contraintes mais leur offrant aussi des prises et des possibilités de choix². Une telle approche fait du temps une variable essentielle de l'action et, plus généralement, la prise en compte de la dimension historique peut elle aussi être comprise comme une évolution significative. Qu'en ces temps d'incertitude resurgisse la vieille thématique wébérienne, qui rappelle que le travail des sciences sociales porte sur des objets historiques et qu'il est lui-même pris dans l'historicité, ne relève sans doute pas du hasard.

Il y a plus d'un demi-siècle, Fernand Braudel posait le diagnostic d'une « crise générale des sciences de l'homme³ ». Il ne serait pas trop difficile de montrer que c'est toute l'histoire des sciences humaines et sociales qui, depuis plus d'un siècle, est faite d'un enchaînement de crises, ce qui

1. Lepetit 1990, Berthelot 2001.

2. Boltanski et Thévenot 1991.

3. Braudel 1958, *in* Braudel 1972 (p. 41).

ne signifie pas que celles-ci ont toujours été de même nature, ni qu'elles se soient inscrites dans des cadres de références comparables. Aussi bien peut-on les lire comme une succession de mises à l'épreuve et de recompositions, qui affectent des pratiques de connaissances qui portent sur le monde même dans lequel elles sont produites et qui ne sauraient être pensées en dehors de cette relation fondatrice. Situation inconfortable ? Certainement. Mais elle est sans doute le prix à payer pour le privilège d'être les contemporains du contemporain.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADORNO Theodor Wiesengrund, 2003 [1951], *Minima moralia. Réflexions sur la vie mutilée*, trad. fr., Paris, Payot.
- ADORNO Theodor Wiesengrund et HORKHEIMER Max, 1974 [1947], *La Dialectique de la raison*, trad. fr., Paris, Gallimard.
- BACKHOUSE Roger E. et FONTAINE Philippe (dir.), 2010, *The History of the Social Sciences since 1945*, New York, Cambridge University Press.
- BERTHELOT Jean-Michel (dir.), 2001, *Épistémologie des sciences sociales*, Paris, PUF.
- BOLTANSKI Luc et THÉVENOT Laurent, 1991, *De la justification*, Paris, Gallimard.
- BOUDON Raymond, 1986, « Mathematical and Statistical Thinking in the Social Sciences », in Karl W. DEUTSCH, Andrei S. MARKOVITS et John PLATT (dir.), *Advances in the Social Sciences (1900-1980): What, Who, Where, How*, Cambridge (MA), Abt, p. 199-217.
- BOURDIEU Pierre, 2004, « L'objectivation du sujet de l'objectivation », in Johan HEILBRON, Rémi LENOIR et Gisèle SAPIRO (dir.), *Pour une histoire des sciences sociales*, Paris, Fayard, p. 19-23.
- BRAUDEL Fernand, 1958, « Histoire et sciences sociales: la longue durée », *Annales. Économies, sociétés, civilisations*, vol. 13, n° 4, p. 725-753.
- 1972, *Écrits sur l'histoire*, Paris, Flammarion.
- COTTEREAU Alain et MARZOK Mokhtar Mohatar, *Une famille andalouse. Ethno-comptabilité d'une économie invisible*, Paris, Bouchène, 2011, p.297.
- DELILLE Gérard, *Le Maire et le Prieur. Pouvoir central et pouvoir local en Méditerranée occidentale (xv^e-xviii^e siècle)*, Paris, EHESS, 2003, p. 329.
- DESROSIÈRES Alain, 1993, *La Politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, Paris, La Découverte.
- DUBET François et MARTUCELLI Danilo, 1998, *Dans quelle société vivons-nous ?*, Paris, Seuil.
- DURAND-GASSELIN Jean-Marc, 2012, *L'École de Francfort*, Paris, Gallimard.
- FABIANI Jean-Louis, 2006, « À quoi sert la notion de discipline ? », in Jean BOUTIER, Jean-Claude PASSERON et Jacques REVEL (dir.), *Qu'est-ce qu'une discipline ?*, Paris, Éd. de l'EHESS, coll. « Enquête » n° 6, p. 11-34.
- FOUCAULT Michel, 1966, *Les Mots et les choses. Une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard.
- 1975, *Surveiller et punir. Naissance de la prison*, Paris, Gallimard.
- 1994, *Dits et écrits*, Paris, Gallimard, 4 vol.
- FOURCADE Marion, 2006, « The Construction of a Global Profession: The Transnationalization of Economics », *American Journal of Sociology*, vol. 112, n° 1, p. 145-194.

- GEERTZ Clifford, 1973, *The Interpretation of Cultures*, New York, Basic Books.
- GILMAN Nils, 2003, *Mandarins of the Future: Modernization Theory in Cold War America*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- GRENIER Jean-Yves, Claude GRIGNON et Pierre-Michel MENDER (dir.), 2001, *Le Modèle et le récit*, Paris, Éd. de la Maison des sciences de l'homme.
- GUILHOT Nicolas, HEILBRON Johan et JEANPIERRE Laurent, 2009, « Social Sciences », in Akira IRYE et Pierre-Yves SAUNIER (dir.), *The Palgrave Dictionary of Transnational History*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, p. 953-959.
- HAUSER Henri, 1903, *L'Enseignement des sciences sociales. État actuel de cet enseignement dans les divers pays du monde*, Paris, A. Chevalier-Maresq.
- ISAAC Joel, 2012, *Working Knowledge: Making the Human Sciences from Parsons to Kuhn*, Cambridge (MA) et Londres, Harvard University Press.
- JAY Martin, 1977 [1973], *L'Imagination dialectique. Histoire de l'école de Francfort (1923-1950)*, Paris, Payot.
- KUHN Thomas S., 1972 [1962], *Structure des révolutions scientifiques*, trad. fr., Paris, Flammarion.
- LEPETIT Bernard, 1990, « Propositions pour une pratique restreinte de l'interdisciplinarité », *Revue de synthèse*, vol. 4, n° 3, p. 331-338.
- LÉVI-STRAUSS Claude, 1964, « Critères scientifiques dans les disciplines sociales et humaines », *Revue internationale des sciences sociales*, vol. 16, n° 4, p. 579-597.
- POMIAN Krzysztof, 1999, *Sur l'histoire*, Paris, Gallimard.
- PORTER Theodore M. et ROSS Dorothy (dir.), 2003, *The Modern Social Sciences*, t. 7 de *The Cambridge History of Science*, Cambridge et New York, Cambridge University Press.
- RINGER Fritz, 1992, *Fields of Knowledge: French Academic Culture in Comparative Perspective (1890-1920)*, Cambridge, Cambridge University Press, et Paris, Éd. de la Maison des sciences de l'homme.
- ROSS Dorothy, 1991, *The Origins of the American Social Science*, New York et Cambridge, Cambridge University Press.
- 1993, « An Historian's View of American Social Science », *Journal of the History of Behavioral Sciences*, vol. 29, n° 2, p. 99-112.
 - 2003, « Changing Contours of the Social Sciences Disciplines », in Theodore M. PORTER et Dorothy ROSS (dir.), *The Modern Social Sciences*, t. 7 de *The Cambridge History of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 205-237.
- WALLERSTEIN Immanuel *et al.*, 1996, *Open the Social Sciences*, Report of the Gulbenkian Commission on the Restructuring of the Social Sciences, Palo Alto (CA), Stanford University Press.
- WATSON John B., 1925, *Behaviorism*, New York, People's Institute.



10 Foucault et les transformations du biopouvoir

SARAH FRANKLIN

Publié en 1976, *La Volonté de savoir*, premier volume retentissant de l'*Histoire de la sexualité* de Michel Foucault, fait sentir son influence depuis maintenant près de quatre décennies. Le biopouvoir, concept central du livre, s'avère fondamental pour analyser et penser nombre des transformations de la période récente – la naissance du mouvement de libération gay et lesbien, la deuxième vague du féminisme, le développement exceptionnel de la génétique, de l'assistance médicale à la procréation, des biotechnologies, des sciences biologiques de manière générale. Sans surprise, comme pour tout concept repris abondamment dans un grand nombre de champs au long d'une période riche en innovations sociales et scientifiques, la signification du terme reste sujette à interprétations et controverses.

Ce chapitre aborde l'origine du concept de biopouvoir chez Foucault. Il s'attache ensuite à son destin d'instrument analytique à périmètre variable dans le contexte de ce qui s'est imposé sous le nom de « biosociété ». Il s'achève par quelques réflexions sur les usages qui pourront être faits à l'avenir de cet outil conceptuel. À travers une série d'exemples développés par des chercheurs ayant recours au concept depuis les années 1970, ce chapitre tente de montrer l'importance grandissante que le biopouvoir est susceptible de prendre au XXI^e siècle.

Généalogie du biopouvoir

Le terme de « biopouvoir » apparaît relativement tard dans l'œuvre de Foucault, vingt ans après la parution de son premier livre en 1954. Il

◀ Mémorial Cap 110, Anse Caffard. Sculpture de l'artiste martiniquais Laurent Valère en mémoire des noyés de la traite des esclaves.

peut donc être utile de retracer la généalogie du concept, et de rappeler les conditions générales dans lesquelles il en vient à apparaître au milieu des années 1970.

Les premiers travaux de Foucault portent sur la folie et le contrôle des individus déviants par des formes bureaucratiques de discipline et de surveillance, mais aussi sur l'histoire de l'idée de population, notion centrale à ses yeux. La naissance de la biologie est une préoccupation de Foucault dans *Les Mots et les choses*, publié en 1966. Dix ans avant de porter explicitement son attention sur le biopouvoir, il y affirme, dans une phrase devenue célèbre, que « la vie n'existe pas » avant le XVIII^e siècle, et que la seule et unique raison de cette non-existence est à trouver dans le manque d'un système capable d'en appréhender les interconnexions. Selon Foucault, la vie « en tant que telle » ne peut exister sans l'effet unificateur du concept darwinien d'évolution grâce auquel le vivant peut être compris comme partageant un ensemble identique de liaisons. Avant les années 1850, l'histoire naturelle est constituée principalement d'un assortiment de tableaux et de grilles qui servent certes à classer la vie mais qui ne définissent pas ses propriétés ou principes propres. Pour Foucault, ce n'est qu'après Darwin qu'une nouvelle définition de la vie comme système naturel confère au vivant une unité conceptuelle, permettant d'établir la discipline scientifique moderne qu'est la biologie¹.

Selon le modèle darwinien, ce n'est pas essentiellement le mécanisme de la sélection qui explique comment la vie prend forme et se développe au cours du temps. C'est l'accent que met Darwin sur l'ancestralité commune et singulière de toutes les formes de vie qui tient lieu de principe irréductible. En bref, la différence entre le vivant et le non-vivant repose sur une prémisses : toute vie organique est reliée par le partage d'une même substance reproductrice et descend d'un ancêtre commun. Comme l'a observé l'anthropologue Marilyn Strathern à la suite de l'historienne Gillian Beer, le choix que fait Darwin d'établir une analogie entre le pedigree, ou l'arbre généalogique, et le modèle des interconnexions du vivant, n'a pas pour seul enjeu d'ancrer sa théorie dans une représentation préexistante et suffisamment proche de la théologie de l'arbre biblique pour compenser l'offense potentielle faite au public judéo-chrétien². Selon Strathern, l'emprunt que fait Darwin transforme également l'analogie elle-même, entraînant des conséquences qui apparaissent rétrospectivement encore plus spectaculaires. Car c'est bien par l'effet retour, par la trajectoire inverse qui fait repasser l'analogie choisie à son point d'origine,

1. Foucault 1966.

2. Strathern 1992, Beer 1983.

que le modèle de liens familiaux qu'il emploie pour rendre un système biologique visible change la signification de ces liens – en un mot, il les naturalise. Ces relations en viennent alors à être perçues comme des « relations biologiques », et c'est par le biais de cet effet retour que tout un ensemble de concepts émerge¹. Parmi eux, l'idée désormais familière de parenté naturelle ou biologique, ainsi que celles de famille, d'identité et de population.

Si l'on ajoute cette autre nouveauté qu'est la naissance, au milieu du xx^e siècle, de la génétique moléculaire moderne qui situe dans les gènes l'origine des relations biologiques, on obtient alors la séquence complète des transformations qui s'avèrent essentielles pour comprendre la façon dont émerge le modèle du biopouvoir dans l'œuvre de Foucault, et la manière dont ce concept se retrouve impliqué dans nombre des changements ayant affecté la vie sociale et les sciences du vivant depuis la seconde moitié du xx^e siècle. En effet, tout comme l'utilisation des liens familiaux par analogie avec le système naturel naturalise en retour les liens généalogiques ; tout comme la forme donnée à la biologie par analogie avec le monde naturel biologise la nature ; la génétisation de la biologie succède à la biologisation de la nature. Pour faire écho au style de Foucault, on pourrait assurer que, jusqu'à la fin du xx^e siècle, il n'existe tout simplement pas de parenté génétique : ce n'est qu'après que l'adjectif « génétique » est devenu un synonyme de celui de « biologique » et, ce faisant, commence à en faire dériver la signification – de la même manière que la parenté biologique a auparavant déplacé les relations définies par le sang –, que l'idée selon laquelle chaque personne a deux parents génétiques devient commune et comme allant de soi.

Cette suite de changements liant nature, biologie et génétique a des conséquences décisives sur l'introduction du terme de « biopouvoir », ainsi que sur ses interprétations ultérieures. Je reviendrai plus loin sur les questions importantes que la génétique et la génétisation soulèvent vis-à-vis du biopouvoir, ainsi que sur les raisons pour lesquelles la génétique nouvelle est devenue l'un des domaines où son utilisation est la plus répandue. Cependant, il peut être utile, auparavant, de se pencher sur les circonstances précises de la naissance du biopouvoir, terme que Foucault utilise dans un sens particulier dans le premier volume d'*Histoire de la sexualité*.

1. Franklin 2013.

Histoire de la sexualité

Axé principalement sur la sexualité, le livre développe l'idée que la sexualité fonctionne comme un contexte pour la formation du sujet. Cela permet à Foucault de questionner les liens qui existent entre sexe et pouvoir, puis de suggérer un nouveau modèle de gouvernementalité, ou plus précisément un nouveau mode de gouvernement des populations. Jouant simultanément sur plusieurs niveaux de discours – ce qui lui a été reproché – Foucault traite du sujet individuel mais aussi du système dans et à travers lequel ce sujet émerge et adopte des comportements et des représentations (de lui-même, du corps, de la société). Ce faisant, il s'attache à théoriser la façon dont le processus de formation du sujet se déploie dans et à travers les formes de pouvoir, et la manière dont le pouvoir se retrouve à fonctionner pour donner forme aux identités individuelles. Cependant, comme le signalent très justement Mark Cousins et Athar Hussain, Foucault entre très rarement dans une discussion de ce qu'est le pouvoir *en tant que tel* – il le fait plutôt à travers la discussion de ce qu'il n'est pas.

Ainsi, toutes les remarques que formule Foucault au sujet du pouvoir s'inscrivent soit en négatif – en rejetant les acceptions courantes des relations de pouvoir –, soit comme des protocoles généraux portant sur l'analyse de ces relations¹.

Cousins et Hussain décrivent la théorie du pouvoir de Foucault comme étant « idiosyncrasique », s'érigeant à partir « d'une série de remarques disparates, certaines relativement banales, d'autres tout à fait frappantes et nouvelles, d'autres encore laconiques ou prêtant à confusion après un examen plus attentif ». Ces remarques, disent-ils, « fourmillent d'images et d'analogies empruntées aux thèmes de la guerre, des rapports de force, de la relation entre roi et sujets, du berger et de son troupeau, etc.² ». Cependant, s'il s'agit bien d'un propos idiosyncrasique général et riche en clichés, il offre en même temps, et pour la première fois, une *théorie* du biopouvoir ; en effet, la façon nouvelle dont il rend compte du pouvoir comme d'un champ polymorphe se heurte de plein fouet aux modèles hiérarchiques abondamment utilisés par la pensée politique. Foucault avance l'idée provocatrice selon laquelle la loi hégémonique et ce qu'il

1. Cousins et Hussain 1984 (p. 225).

2. *Ibid.* (p. 225 pour les deux citations).

appelle « l'appareil juridico-discursif » reposant sur la contrainte, la répression et la subordination, ne peuvent être ni les dépositaires ni les sources du pouvoir. Il propose pour y faire pendant une notion combinant d'autres analogies, celles d'un mode « pastoral » du pouvoir articulé autour des notions d'orientation et de soin, et dont la clé peut être trouvée dans la relation protectrice qui unit le prêtre (le berger) à son peuple (le troupeau). C'est en mariant le pouvoir personnel et intime qu'exerce le prêtre sur ses ouailles, illustré par la relation de confession, au champ fluide et polymorphe du pouvoir rendu par le préfixe « bio », que Foucault caractérise les contours d'un tournant historique marqué par la naissance d'un nouveau type de pouvoir. Cela lui permet aussi de décrire la façon dont le pouvoir assoit son effet en produisant des sujets qui incarnent dans leurs corps les moyens qu'il a de discipliner la vie.

Après la déclaration célèbre de Foucault selon laquelle le pouvoir n'est pas un nom propre, et qu'il n'existe pas en tant que substantif¹, il n'est pas surprenant de voir que ses thèses sur le biopouvoir apparaissent comme étant en contradiction avec ses théories précédentes et qu'elles ont, de manière générale, semé la confusion. C'est l'une des raisons pour lesquelles il est utile d'examiner la façon dont le biopouvoir fonctionne, plutôt que ce qu'il est ou comment il se définit. En effet, Foucault lui-même ne veut rien dire d'autre lorsqu'il répète que les fins du biopouvoir lui sont immanentes et résident dans ses moyens. Il suffit de se rappeler le recours constant chez Foucault aux images de réseaux, machines, appareils et dispositifs, pour se rendre compte de l'importance du concept de technologie dans ses théories du pouvoir et de la subjectivation, et donc de la place qu'il accorde aux rouages du pouvoir et à ses mécanismes. L'attention qu'il porte très tôt à la façon dont la connaissance fonctionne sur le mode d'une technologie anticipe d'ailleurs sa description ultérieure des technologies du sexe, qui lui permettent de démontrer comment le biopouvoir assoit ses effets à travers un appareil fluide qu'il aurait pu qualifier de « biodiscipline ». La question de savoir pourquoi et comment le sexe est technologique, ainsi que les raisons pour lesquelles cette analogie est si cruciale dans le modèle foucauldien, vont nous permettre de mieux saisir la façon dont le concept s'est construit et a évolué à partir d'un modèle quasi anthropologique de parenté.

L'une des raisons pour lesquelles les modèles foucauldien du sexe, de la technologie et du biopouvoir semblent plus intuitifs à la lectrice formée à l'anthropologie est que Foucault prête à la parenté une influence

1. Foucault 1980.

structurante dans la vie sociale¹. Pour Claude Lévi-Strauss, dont la thèse sur l'anthropologie structurale publiée en 1949 constitue en partie le sujet de doctorat de Foucault (publié en 1961), les systèmes de parenté sont en même temps le fondement des lois et les sources premières de l'identité sociale : ils participent à la formation du sujet ou à sa discipline à travers un code fonctionnant au sein de la société comme une grammaire générale. Le rôle de la reproduction dans les travaux de Lévi-Strauss est ambigu. En effet, il y voit un bien qui « comme les mots doit être l'objet d'échanges », mais cette idée ne lui permet pas de rendre compte de manière satisfaisante du trafic universel des femmes dont il affirme qu'il découle du tabou de l'inceste inaugurant le passage de la nature à la culture². Beaucoup de travaux anthropologiques ont été critiqués de la même manière pour leur présupposé selon lequel la reproduction serait en même temps la *raison d'être* de la parenté et le produit des systèmes qu'elle met en place³. Et ces liens circulaires portant sur la signification précise de la reproduction « biologique » au sein de l'anthropologie sociale ne sont pas exempts d'une forme d'ethnocentrisme vu l'inexistence de la catégorie dans un grand nombre de sociétés⁴.

Quand Foucault retrace, dans *Histoire de la sexualité*, le passage de ce qu'il appelle le pouvoir « souverain » au biopouvoir, il porte attention au rôle du roi, et en particulier à son droit de condamner à mort, selon son bon vouloir, n'importe lequel de ses sujets. Mais la structure de pouvoir à laquelle s'attache en réalité Foucault est le système de parenté de l'aristocratie, et en particulier les moyens de succession et de transmission mis en place. Il estime que ces systèmes portent avant tout sur la perpétuation de la lignée, et donc sur le contrôle de la reproduction comme moyen d'assurer des héritiers. Cette mise en avant du mariage, de la reproduction et de la succession comme dirigés vers l'intérieur tranche avec la fonction reproductive orientée vers l'extérieur avancée par Lévi-Strauss : selon lui les mariages entre proches parents, enfants d'une même lignée, et l'endogamie sont vus comme des menaces de renfermement dont le tabou de l'inceste constitue l'antidote. En d'autres mots, bien que les deux auteurs partagent le même intérêt pour le détail des tactiques, la mécanique ou la grammaire du contrôle de la reproduction, l'important pour Lévi-Strauss est bien de se marier à l'extérieur de la communauté, tandis que pour Foucault l'essentiel est de trouver à se marier en son sein.

Foucault décrit ainsi « un système de mariage, de fixation » régnant

1. Butler 1989 (p. 606-607).

2. Rubin 1975.

3. Strathern 1988.

4. Strathern 1980.

dans l'aristocratie jusqu'au XVIII^e siècle, combiné à des « mécanismes de contrainte » dont l'un des « objectifs principaux » est de « reproduire le jeu des relations et de maintenir la loi qui les régit ». Il identifie ainsi la stratégie principale de succession, de contrôle de la reproduction et donc de préservation de l'aristocratie, à un « dispositif d'alliance » qu'il estime être « ordonné sans doute à une homéostasie du corps social qu'il a pour fonction de maintenir ; de là son lien privilégié avec le droit ; de là aussi le fait que le temps fort pour lui, c'est la "reproduction"¹ ». Au milieu du XVIII^e siècle, cependant, alors que l'industrialisation se met en place, « le dispositif d'alliance » ne rencontre plus autant de succès et se voit remplacer par un nouvel appareil décrit par Foucault comme le dispositif de sexualité. Ce nouvel ensemble « *n'est pas ordonné à la reproduction* » mais est lié « dès l'origine à une intensification du corps – à sa valorisation comme objet de savoir et comme élément dans les rapports de pouvoir² ». Contrairement à la fonction reproductrice du monde social aristocratique – c'est-à-dire la perpétuation de règles permettant de pouvoir tabler sur la transmission à travers le temps d'un statut et de biens *via* un dispositif fixe de parenté –, la famille moderne obéit au principe inverse. Elle est basée moins sur des mécanismes de transmission réglés que sur « des techniques mobiles, polymorphes et conjoncturelles de pouvoir ». Engendrant « une extension permanente des domaines et des formes de contrôle », celles-ci se manifestent « par des relais nombreux et subtils » dont le principal relais « est le corps³ ». Ainsi, le nouveau système de parenté de la classe bourgeoise montante articulée autour de la famille repose non pas sur le maintien d'un ordre et d'une succession assurée par un dispositif d'alliance, mais plutôt sur un système plastique et instable alimenté par un renforcement du rôle du sexe – une sexualisation de la famille nucléaire qui « depuis le XVIII^e siècle [est devenue] un lieu obligatoire d'affects, de sentiments, d'amour » instituant une économie du plaisir⁴. Une proposition originale de Foucault consiste à dire que ce moyen de discipliner la généalogie est d'une part sans précédent, et d'autre part qu'il ne fonctionne que parce qu'imbriqué dans des formes spécifiques de connaissance, telles la biologie moderne et, plus tard, la génétique.

Contrairement au « dispositif d'alliance » focalisé sur la propriété, la lignée et le maintien d'une stabilité homéostatique, la famille bourgeoise moderne se concentre, selon Foucault, sur la sexualité. La menace de

1. Foucault 1976 (p. 140).

2. *Ibid.* (p. 141), souligné par moi.

3. *Ibid.* (p. 140-141).

4. *Ibid.* (p. 143).

l'inceste joue dans ce modèle un rôle tout différent de celui imaginé par Lévi-Strauss, n'étant ni l'origine stimulante d'échanges par le mariage (exogamie), ni une conséquence sublimée de la préservation de la lignée (endogamie). Le tabou de l'inceste incite plutôt de manière paradoxale à l'intensification de la sexualité à l'intérieur de la famille nucléaire. L'explosion des discours concernant la sexualité – les activités, spectacles et attractions sexuelles aussi bien que les manifestations de déviations, perversions et prohibitions – est interprétée par Foucault comme attestant que la sexualité à cette époque est non pas tant « réprimée » qu'exacerbée. La famille devient en particulier « le foyer le plus actif de la sexualité » où l'inceste « est sans cesse sollicité et refusé », faisant du foyer bourgeois « un foyer d'incitation permanente à la sexualité¹ ». Cependant, il est important de souligner avec Foucault qu'au XIX^e siècle cette nouvelle technologie du sexe qu'il appelle sexualité n'a pas besoin de déplacer entièrement les « relations de sexe » établies par le dispositif d'alliance ; elle en altère simplement les mécanismes en leur superposant une « orthopédie » qui remplace les « vieilles catégories morales de la débauche ou de l'excès » par des valeurs comme la santé, l'hygiène et le contrôle de la reproduction². Foucault affirme en particulier que « le nouveau dispositif qui *s'est superposé* » au dispositif d'alliance « se branche sur les partenaires sexuels ; mais selon un tout autre mode³ », et suivant différents principes.

Foucault est très explicite sur ce point. Dans *Histoire de la sexualité* il explique qu'une nouvelle forme de « responsabilité biologique » émerge au sein de l'espèce humaine à travers ce qu'il appelle le noyau « perversion-hérédité-dégénérescence ». Il écrit notamment que

l'analyse de l'hérédité plaçait le sexe (les relations sexuelles, les maladies vénériennes, les alliances matrimoniales, les perversions) en position de « responsabilité biologique » par rapport à l'espèce : non seulement le sexe pouvait être affecté de ses propres maladies, mais il pouvait, si on ne le contrôlait pas, soit transmettre des maladies, soit en créer pour les générations futures⁴.

C'est de cette nouvelle responsabilité biologique vis-à-vis de l'espèce, partagée par l'État et par ses sujets, que découlent les impératifs médicaux, politiques, mais aussi personnels et familiaux d'encadrement des conduites sexuelles. Ces dernières se font moyen de contrôle de la population et

1. *Ibid.* (p. 143-144).

2. *Ibid.* (p. 155-156).

3. *Ibid.* (p. 140).

4. *Ibid.* (p. 156).

de son futur à travers la gouvernance administrative des naissances, des mariages, de la fertilité, mais aussi des maladies, des perversions et des comportements. C'est dans ce nouvel espace épistémologique qui prend l'espèce humaine ou « *l'Homme* » pour objet que Foucault voit la vie, le sexe et la population assujettis à un nouveau devoir de contrôle biologique. Il y a là un tournant crucial qui précipite « l'entrée des phénomènes propres à la vie de l'espèce humaine dans l'ordre du savoir et du pouvoir ainsi que dans le champ des techniques politiques¹ ». Il s'agit bien, en somme, de l'entrée de la vie dans l'Histoire, et de la naissance du biopouvoir.

Le moyen par lequel les forces de reproduction animant le système de parenté aristocratique se retrouvent déplacées par l'administration du sexe au début du XIX^e siècle illustre le lien entre les technologies proposées par Foucault et la théorie qu'il propose du pouvoir ou de la discipline. Il nous permet aussi d'élucider les raisons pour lesquelles il en vient précisément à être appelé « biopouvoir », et de mieux comprendre pourquoi la façon dont ce dernier opère préoccupe plus Foucault que de savoir ce sur quoi il porte exactement. On peut alors imaginer que, en ce début des années 1970, Foucault aurait pu entreprendre de développer, à titre d'exemple, des études de cas similaires à celles qu'il a réalisées sur les prisons, les asiles ou la clinique, et examiner des sujets comme le contrôle des naissances, la pornographie ou les maladies vénériennes.

Mais il n'en est rien et Foucault oriente son attention dans une direction moins prévisible pour laquelle l'analogie du pasteur et de son troupeau est centrale. Car bien que Foucault tire ses notions de réseaux et de dispositifs de ses travaux sur la production des savoirs, de la vérité et des relations qu'elles entretiennent avec les mots et les choses, il est chez lui une autre préoccupation, celle qui met l'accent sur un ensemble de conventions pour lesquelles il emploie l'expression de « technologies de la chair ». En utilisant ce mot, Foucault a dans l'idée un acte de communication très précis, en l'occurrence le rôle de la confession au sein de l'Église catholique. La relation du pénitent avec le père confesseur représente une analogie capitale dans la théorie que fait Foucault du pouvoir comme autodiscipline ou « volonté » intériorisée. Elle éclaire en effet non seulement l'objet des nouvelles formes de « responsabilité biologique » qui échoient aussi bien à l'État qu'à ses sujets, mais aussi les *mécanismes* qui relient cette volonté des sujets aux tactiques de l'État.

Sans une théorie des formes de conduite et des dispositifs opératoires du pouvoir, Foucault ne peut en effet expliquer comment les

1. *Ibid.* (p. 141-142).

sujets deviennent si désireux de s'intégrer dans l'appareil de leur propre subordination. Il ne peut pas non plus rendre compte des incitations et proliférations qu'il décrit en parlant de la société victorienne qui en vient à être en même temps produite et formée à travers la discipline de la conduite sexuelle et la poursuite de la responsabilité biologique. Selon Foucault, cette transformation correspond à la façon dont la « technologie traditionnelle de la chair » sous la forme de la conduite pastorale chrétienne, et l'élan témoigné pour l'expression de la pénitence à travers la confession, évoluent en une « nouvelle technologie du sexe » administrée par la médecine, la pédagogie, la psychiatrie, la démographie et l'État. C'est ainsi que le sexe devient « une affaire où le corps social tout entier, et presque chacun de ses individus, était appelé à se mettre en surveillance¹ ». C'est ainsi que l'accompagnement pastoral anglican se voit remplacé par la médecine du XIX^e siècle et par des « campagnes à propos de la natalité [qui] déplacent, sous une autre forme et à un autre niveau, le contrôle des rapports conjugaux ». C'est enfin de cette façon que « la question de la mort et du châtement éternel » devient le « problème de la vie et de la maladie² ».

Dans ce qui suit, nous regardons comment la notion de biopouvoir est mise en œuvre dans les sciences sociales depuis trois décennies, et quels paradigmes nouveaux voient le jour sous son influence. Pour ce faire, les quelques fils conducteurs évoqués jusqu'ici sont centraux. Parce que dans la théorie de Foucault le pouvoir est moins hiérarchique et punitif que générateur et formateur, cette compréhension résonne particulièrement bien avec les questions que pose « l'âge du contrôle biologique », les questions d'identité, de gouvernance ou de discipline des corps. De la même manière, l'importance toujours actuelle des structures de parenté, tout comme la nature imprévisible des changements affectant la signification et les enjeux du contrôle de la reproduction, font que le concept de biopouvoir voit ses implications renouvelées et renforcées par la fécondation *in vitro*, la dérivation des cellules souches embryonnaires ou la possibilité de cloner les mammifères supérieurs telle la brebis Dolly. Les sujets que Foucault n'a pas abordés durant sa vie – comme le contrôle de la population, le recensement, les inégalités homme-femme ou les sciences de la reproduction – laissent suffisamment de place pour que nombre de chercheurs les déploient. L'intérêt que Foucault a manifesté de longue date pour l'eugénisme, le souci de soi ou la surveillance de la santé et des maladies mène de façon prévisible à une application large

1. *Ibid.* (p. 154).

2. *Ibid.* (p. 155).



La brebis Dolly, premier mammifère cloné en laboratoire à partir d'un noyau de cellule somatique adulte, en 1996.

de ses idées dans les domaines de la génétique, de l'épidémiologie, du développement des produits pharmaceutiques, dans ce que Vinh-Kim Nguyen a décrit comme la culture de l'« expérimentalité » en biomédecine et les sciences de la vie¹. Comme nous allons le voir, l'intérêt de Foucault pour le pastoralisme prend aussi de nouveaux aspects dans un contexte néolibéral où l'introduction de stratégies de pouvoir douces telles que

1. Nguyen 2009.

les mesures incitatives entre en écho avec les contributions toujours renouvelées que sa théorie du pouvoir idiosyncrasique continue d'apporter. Toutes choses qui vont nous permettre de passer en revue les évolutions de la pensée politique et sociale contemporaine.

Les évolutions du biopouvoir

Le concept de biopouvoir est parfaitement adapté à de nombreux phénomènes sociopolitiques du ^{xx}e siècle et du début du ^{xxi}e tels que la culture de tissus¹, l'agriculture ou l'élevage modernes², l'embryologie³, l'adoption massive de la pilule contraceptive par voie orale⁴. Bien que de nombreux chercheurs aient tiré parti des idées de Foucault⁵, les applications les plus concluantes de son concept de biopouvoir commencent surtout à la fin du ^{xx}e siècle en réponse à l'entreprise de séquençage du génome humain – ce qui est peu surprenant puisque le biopouvoir est ancré explicitement, nous l'avons dit, dans les champs de la généalogie, de la population et de l'avenir de l'espèce.

L'anthropologue Paul Rabinow, qui compte parmi les plus grands spécialistes du travail de Foucault, est l'un des premiers à identifier l'intérêt du concept de biopouvoir pour appréhender les enjeux du « projet Génome humain ». C'est lui qui introduit en 1992 le terme de « biosocialité » pour désigner les nouveaux aspects de la formation du sujet et des communautés qui résultent de la circulation de l'information portant sur les gènes humains et les pathologies génétiques. Selon Rabinow, la génétique nouvelle confirme la prédiction que Foucault a faite de l'entrée de la vie même dans le régime de l'administration humaine, et ce à une ampleur inégalée. En s'appuyant sur la définition que donne Foucault du biopouvoir comme « ce qui a amené la vie et son mécanisme dans le domaine du calcul explicite et a fait du pouvoir de la connaissance un agent de transformation de la vie humaine », Rabinow explique que le projet Génome humain est technologique de deux façons : d'abord dans le sens ordinaire où il emploie des machines, mais aussi dans le sens plus complexe où l'on est en présence de connaissances qui engendrent leur objet. Dit autrement, l'objectif du projet Génome humain n'est pas seulement de reconstituer la séquence du génome humain ; il consiste aussi à produire

1. Landecker 2007.

2. Fitzgerald 1990, Ritvo 1987.

3. Hopwood 2000, Keller 2003.

4. Watkins 1998.

5. Clarke 1998, Palladino 2003, Murphy 2012.

une nouvelle connaissance des gènes qui puisse permettre de détecter et contrôler ceux-ci, que ce soit à l'intérieur des corps ou à travers l'ensemble de la population. Il s'ensuit, selon Rabinow, que cette nouvelle connaissance du génome humain s'imbrique dans le tissu social, non seulement par le biais de nouveaux types de savoirs et d'interventions médicales, mais aussi à travers des formes d'affiliation sociale et de formation des sujets – ce qu'il décrit comme une « forme absolument nouvelle d'auto-production... que j'appelle biosocialité¹ ». À travers celle-ci, la culture n'est plus modelée sur la nature, mais devient plutôt un modèle indépendant qui refait la nature en « technique ».

Dans ce contexte inédit d'« autoproduction », des sujets nouveaux émergent en relation à des instruments d'administration des corps atteints, des corps à risques, des corps potentiellement compromis par leurs gènes. Sa théorie identifie comme clé la combinaison d'une gouvernementalité du risque génétique à des fins de prévention avec l'inculcation de nouvelles formes d'identités biologiques – le risque d'être porteur d'une mutation génétique par exemple. Dans le modèle de biosocialité proposé par Rabinow, une extension sans précédent du contrôle politique sur le vivant peut se déployer – en lien explicite entre de nouvelles formes de savoir scientifique et d'identité génétique, un mandat de détection et d'intervention en présence de pathologies génétiques (pour le compte des générations présentes ou futures), une perception de ces processus par ceux qu'ils affectent directement comme les signes d'un progrès, voire d'une libération, etc.

Parmi les nombreux théoriciens qui développent des analyses similaires à celles de Rabinow, les chercheurs en sciences sociales suivent plutôt l'émergence parallèle des nouvelles technologies et des identités génétiques. Rayna Rapp, par exemple, mène depuis quinze ans une étude ethnographique sur les tests chromosomiques prénataux dans la ville de New York². Elle s'intéresse de près à la façon dont les femmes enceintes interprètent et assimilent un nombre toujours croissant d'informations génétiques. Ses conclusions se rapprochent de la description que fait Foucault du changement survenu à la fin du XVIII^e siècle quand les formes anciennes de parenté se retrouvent non pas tant supplantées par, que fusionnées avec les formes nouvelles de familles associées au dispositif de sexualité. Contrairement au tableau que fait Rabinow de la disparition de la séparation nature-culture et de l'idée « moderne » de société, Rapp décrit l'interaction qui opère entre « des traditions [parentales et familiales] plus

1. Rabinow 1992 (p. 241).

2. Rapp 1999.

anciennes et plus profondes» (telle l'importance accordée à la ressemblance physique ou à des « croyances populaires informelles ») et des catégories scientifiques ou professionnelles telles que les typologies utilisées pour interpréter les anomalies détectées dans les gènes¹. Le suivi des régimes d'identification du risque génétique ainsi que le rejet assez répandu des « catégories émergentes de la biomédecine et des sciences apparentées » sont interprétés par Rapp comme témoignant non seulement de la « distribution inégale des retombées scientifiques » dans la vie sociale contemporaine, mais aussi des résistances rencontrées par ces nouvelles catégories². Il est particulièrement intéressant de constater le rôle décisif joué contre toute attente par la religion chez la plupart des personnes interrogées, et la façon dont il résonne avec la mise en avant par Foucault des anciennes « technologies de la chair » et des logiques qui les distinguent des « technologies du sexe ».

C'est un tableau très différent des identités biopolitiques émergeant dans le contexte des nouvelles technologies génétiques que brosse Adriana Petryna. Dans une étude qui a fait date sur les survivants de Tchernobyl, celle-ci témoigne de leurs luttes pour s'engager dans une politique de calculs biologiques et devenir ce qu'elle appelle des « citoyens biologiques ». Comme elle le fait remarquer, le lien entre biologie et identité est tout sauf récent, mais les pratiques spécifiques à travers lesquelles cette liaison s'opère, comme les identités qui en résultent, diffèrent à toutes les échelles. Comme l'ont observé de nombreux chercheurs, la compréhension nouvelle de l'identité génétique qu'a engendrée l'identification de certaines mutations moléculaires telles que BRCA1 ou 2 n'a pas seulement donné lieu à l'émergence de nouvelles formes de communautés et d'activisme social. Elle est aussi devenue un facteur majeur de développement économique pour l'industrie pharmaceutique et le secteur des biotechnologies, alimentant la montée d'entreprises tentaculaires telles que Genzyme, ainsi que la commercialisation et la privatisation rapides des séquences de gènes³. Pour Petryna, ces mutations ont vu l'émergence parallèle de nouvelles formes de citoyenneté – telles que celles de ces Ukrainiens au patrimoine biogénétique menacé et qui se sont retrouvés à développer des moyens de poser des chiffres sur leurs symptômes afin de pouvoir prétendre à des prestations compensatoires de la part des autorités administratives. De tels citoyens biologiques regroupent un nouveau type de sujets biologiquement instruits, rompus à l'analyse de

1. *Ibid.* (p. 242).

2. *Ibid.* (p. 303).

3. Petryna 2003. Voir aussi Rajan 2006.

la grammaire administrative conçue pour identifier et intervenir sur le risque génétique. Ils apparaissent aussi comme des sujets classiques du biopouvoir au sens foucaldien, dans une configuration où l'atteinte biologique devient un moyen de protection et d'accès au statut de membre d'un groupe social reconnu par l'État.

Dans un rapport récent sur la biomédicalisation, Adele Clarke et ses collègues estiment

qu'une nouvelle économie biopolitique de la médecine, de la santé, de la maladie, de la vie et de la mort [...] forme [dorénavant] un espace incroyablement dense et élaboré dans lequel les connaissances biomédicales, les technologies, les services et le capital interagissent et se constituent de plus en plus les uns les autres¹.

Ces préoccupations face à l'expansion rapide du domaine de la biopolitique conduisent de nombreux théoriciens à relier le biopouvoir au contrôle économique par le biais de concepts tels que le « biocapital² », la « biovaleur³ », la « biodisponibilité⁴ », et plus récemment le « capital vivant⁵ ». D'autres chercheurs, tels que Giorgio Agamben et João Biehl, ont entrepris d'examiner l'envers du biopouvoir à travers l'idée de la production d'une non-vie, d'une « vie nue » ou encore de « zones d'abandon », dans une démarche similaire à celle de Judith Butler dans son introduction au concept de « vie précaire ». À travers ces différentes formes, un changement de perspective décisif s'opère avec l'analyse de la gouvernementalité comme d'un appareil qui non seulement permet mais requiert la production de la non-vie.

En ligne avec ce qu'on peut attendre d'une théorie « idiosyncrasique », un autre débat a lieu à propos de la relation entre gouvernementalité et souveraineté, et de leur lien à la vitalité ou à « la vie elle-même ». Comme le précise Foucault en 1978 dans la conférence qu'il lui consacre au Collège de France, la gouvernementalité décrit la façon dont la vie de la population est administrée, et les moyens par lesquels les relations entre l'administration et son ou ses objet(s) sont légitimées et maintenues. Selon lui, une différence majeure entre la gouvernementalité et la souveraineté est à trouver dans le fait que celle-là est « tactique » et consensuelle, tandis que celle-ci est répressive, punitive et hiérarchique. Cependant, nul n'est

1. Clarke *et al.* 2010 (p. 1).

2. Franklin 2001, Franklin et Lock 2003, Rose 2006, Rajan 2006.

3. Waldby 2002.

4. Cohen 2005.

5. Rajan *et al.* 2012.

besoin pour la gouvernementalité de remplacer le pouvoir souverain pour assurer sa domination ou même son hégémonie. Comme le note Judith Butler, l'autorité de la loi peut être convertie en une forme tactique de souveraineté, comme cela s'est produit aux États-Unis après les attaques du 11 Septembre sur le territoire américain. Elle écrit ainsi dans sa description de la vie précaire :

Bien que Foucault fasse ce qu'il appelle une distinction analytique entre le pouvoir souverain et la gouvernementalité, suggérant ainsi à plusieurs reprises que celle-ci est une forme tardive du pouvoir, il maintient néanmoins la possibilité que ces deux formes de pouvoir puissent coexister et qu'elles coexistent de fait de plusieurs façons, notamment en relation avec cette forme du pouvoir qu'il appelle la « discipline »¹.

Selon Butler, l'aptitude de ces différentes formes de pouvoir non seulement à coexister mais aussi à se combiner est l'une des raisons pour lesquelles la théorie foucaldienne demeure aussi instable qu'indispensable : le fait qu'une gouvernementalité de la population réalisée à travers la biopolitique se superpose à un ordre social antérieur ne signifie pas que le second ait à disparaître. Rabinow fait une remarque similaire en défendant l'idée que l'émergence de la biosocialité ne sanctionne pas « un changement d'époque marqué par une cohérence totalisante » mais rassemble plutôt une série d'événements, d'épisodes et d'alignements inégaux et fragmentés.

On constate donc, à travers l'expansion de l'usage des termes de biopolitique et de biopouvoir, un double changement d'échelle et de point d'application : parce que la production de la vie en est venue à être perçue comme la production de la non-vie et comme un mélange de formes anciennes et nouvelles de gouvernement, la mission attribuée à la biopolitique s'en trouve revisitée. Cela correspond à l'interprétation sociologique plus générale faite au début du ^{xxi}e siècle du biopouvoir comme constituant un espace de négociation socialement ambivalent.

Le travail de l'historienne Michelle Murphy offre un exemple type de ce phénomène – à travers l'analyse qu'elle mène de la « biopolitique féministe » dans un contexte d'explosion des technologies de la reproduction². Comme elle le constate, la transformation du sexe en objet de gouvernement n'opère pas seulement dans les laboratoires et les cliniques, mais également dans les administrations d'État, les ONG, les organisations humanitaires et les organisations supranationales telles que la

1. Butler 2004 (p. 53-54).

2. Murphy 2012.

Banque mondiale ou le FMI. Elle écrit ainsi qu'un trait caractéristique du xx^e siècle est à trouver dans la façon dont

des schémas nationaux et transnationaux ont encouragé à grande échelle la limitation technologique des naissances par la distribution de millions de pilules contraceptives, de stérilets et d'autres formes de contraception chirurgicale, intervenant ainsi sur la fertilité de populations entières au prétexte de bénéfices économiques à venir. La modification de la reproduction sous sa forme agrégée de « population » est ainsi devenue un problème de transition planétaire traité *via* des solutions techniques, étatiques et commerciales¹.

Comme Murphy le note, cette transformation de la reproduction en question de gestion des populations et de généalogie assistée non seulement affecte la fertilité humaine mais englobe aussi les mécanismes reproductifs des plantes et des animaux. Et les mutations technologiques s'accompagnent d'une expansion de la « responsabilité biologique », de la « responsabilisation » vis-à-vis des générations futures².

Dans l'étude qu'elle consacre à la façon dont les groupes de féministes américaines cherchent à intervenir sur les politiques de reproduction, Murphy emploie le terme d'« entremêlements » pour décrire le processus d'une parole faite en réponse aux formes du pouvoir biopolitique et qui a pourtant pour résultat de réinscrire les sujets dans les termes mêmes qu'ils cherchent à éviter. Murphy introduit à cet égard l'expression de « contre-conduite technoscientifique » pour désigner le processus par lequel « les réappropriations des moyens de reproduction » par chacun(e) peuvent être décrites comme des formes locales de résistance qui défient et simultanément étendent l'emprise du biopouvoir sur les sujets.

Murphy analyse ainsi une série d'« expérimentations sociotechniques », tels les efforts du mouvement pour la santé des femmes, à partir de 1970, pour offrir à chacune les moyens de prendre en charge sa propre santé gynécologique. Murphy met en avant les emmêlements qui apparaissent alors : en utilisant des méthodes comme l'autoexamen, ou des campagnes pour l'accès aux frottis vaginaux ou aux contraceptifs, les féministes contribuent à une réponse au biopouvoir qui simultanément étend sa mission et redistribue ses effets. La procréation devient

un problème aux effets distribués dans l'espace et le temps, matériel autant que politique, et qui est rattaché aux questions de l'État, de la race, de la liberté,

1. *Ibid.* (p. 1).

2. *Ibid.* (p. 2).

de l'individu et de la prospérité économique par des liens entre le micrologique et le transnational *via* la problématique du corps.

Murphy se penche ainsi sur les politiques (ambivalentes) qui sont nécessaires au renforcement du pouvoir des femmes *via* la mobilisation des technologies, des sciences, de la médecine clinique et de l'appareil d'État. En décrivant le « nœud des généalogies¹ » qui convergent autour du concept de reproduction, et en démontrant comment le projet de responsabilisation doit être compris comme un terrain où des pouvoirs se manifestent « par capillarité », Murphy offre une étude de cas élégante de la dialectique à l'œuvre. Composé d'une superposition d'appareils institutionnels et disciplinaires, de catégories normalisatrices et de l'éthique du contrôle biologique « responsabilisant », le biopouvoir repose également sur les mains tendues de celles qui cherchent, en se prenant en charge, à intervenir dans ce contrôle biologique. Les deux « envers » du biopouvoir – venant « d'en haut » et représenté par les formes traditionnelles du pouvoir souverain *via* les droits de réquisition et d'occupation, par exemple, et « d'en bas », de citoyens non désireux de se responsabiliser et de reconnaître l'autorité du savoir biologique – continuent d'offrir de nouveaux cas d'école, tout en nous rappelant la tension inévitable entre hiérarchie verticale et géographie horizontale. Les changements que Foucault fait lui-même subir à l'adjectif « généalogique », en écho aux voies de traverse, détours et permutations étranges que connaît l'emprise du pouvoir sur ses sujets, reflètent précisément ce sens antidirectionnel et son ambivalence.

Conclusion

La montée des régimes de pouvoir néolibéraux conduit à des tactiques d'« inductions-incitations », d'intelligence collective, d'essaimage viraux, de communications instantanées et de partages sur les réseaux sociaux souvent animées par des volontés paradoxales de contrôle, possession, classification, stratification et exclusion. Dans ce contexte, les idées de Foucault ont vu leur valeur et leur crédibilité renforcées de manière spectaculaire. Elles montrent qu'il n'est nul besoin de restreindre le concept de biopouvoir au « contrôle de la vie », qu'il se laisse au contraire appliquer à un ensemble de phénomènes plus vaste. Le préfixe « bio » connaît à notre époque des transformations qui le font passer de référence littérale au

1. *Ibid.* (p. 7).

vivant à signe de technicité, et les évolutions futures pourront mener à une dé-biologisation encore plus marquée. Cela s'accompagnera toutefois, très certainement, d'une re-biologisation permettant d'englober une totalité plus grande – le réchauffement climatique par exemple, phénomène quasi biologique à l'origine de l'apparition d'une nouvelle catégorie géologique, celle de « l'Anthropocène ». Alors que pour Foucault la relation de l'*anthropos* aux sciences humaines est faite de fascination viscérale, Bruno Latour se focalise sur les sujets, objets et agents non humains à l'intérieur des sciences humaines, sociales et politiques. De manière parallèle, Donna Haraway, qui a anticipé l'importance des tactiques contre-biologiques combinées à l'intervention d'acteurs technologiques et non humains, se tourne vers des modèles d'interaction symbiotique qui préfigurent encore un autre tournant possible de la biopolitique. Il pourrait s'agir cette fois du renversement du rapport de la gouvernementalité à la vitalité à travers des interactions liant, par exemple, les activités de colonies d'algues à la santé humaine et aux schémas migratoires. Politiquement peu simples à lire, de telles connexions ne pourront être interprétées à partir des modèles courants du pouvoir politique, économique ou social. La mise en avant par Foucault de la nature idiosyncrasique du contrôle pourrait alors signifier que les modèles qu'il propose figurent parmi les plus puissants restant à développer si l'on veut comprendre et prédire la façon dont les effets du pouvoir sont susceptibles d'être engendrés et habités à l'avenir.

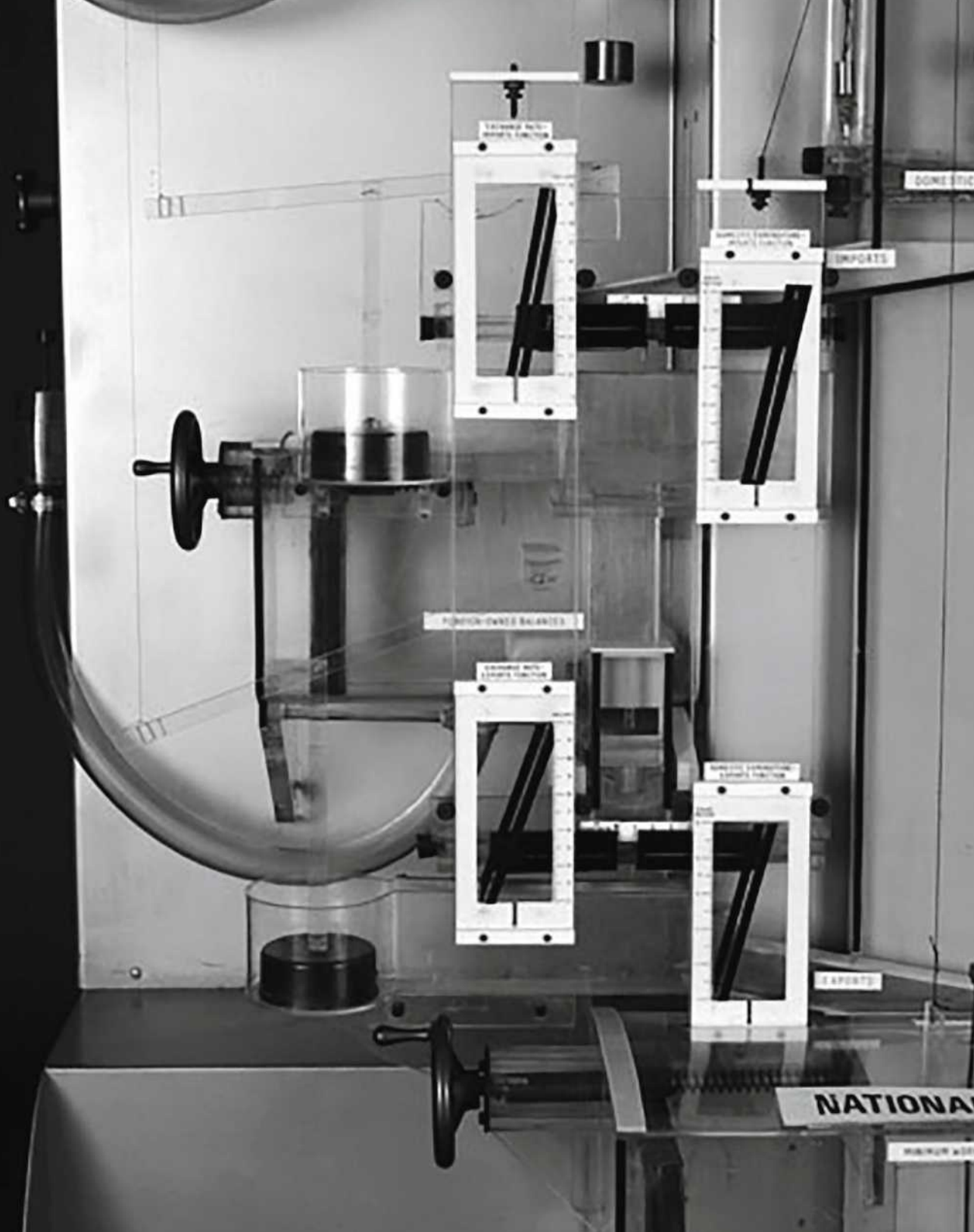
Traduit par Clara Breteau

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGAMBEN Giorgio, 1998, *Homo sacer: Sovereign Power and Bare Life*, Palo Alto (CA), Stanford University Press.
- BEER Gillian, 1983, *Darwin's Plots: Evolutionary Narrative in Darwin, George Eliot and Nineteenth-Century Literature*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- BIEHL João Guilherme, 2005, *Vita: Life in a Zone of Social Abandonment*, Berkeley (CA), University of California Press.
- BUTLER Judith, 1989, « Michel Foucault and the Paradox of Bodily Inscriptions », *The Journal of Philosophy*, vol. 86, n° 11, p. 601-607.
- 2004, *Precarious Life: The Powers of Mourning and Violence*, Londres, Verso.
- CLARKE Adele E., 1998, *Disciplining Reproduction: Modernity, American Life Sciences, and the Problems of Sex*, Berkeley (CA), University of California Press.
- CLARKE Adele E., MAMO Laura et FOSKET Jennifer Ruth (dir.), 2010, *Biomedicalization: Technoscience, Health, and Illness in the US*, Durham (NC), Duke University Press.
- CLOUGH Patricia Ticineto et WILLSE Craig, 2011, *Beyond Politics: Essays on the Governance of Life and Death*, Durham (NC), Duke University Press.

- COHEN Lawrence, 2005, « Operability, Bioavailability, and Exception », in Aihwa ONG et Stephen COLLIER (dir.), *Global Assemblages: Technology, Politics and Ethics as Anthropological Problems*, Oxford, Blackwell Publishing, p. 79-90.
- COUSINS Mark et HUSSAIN Athar, 1984, *Foucault*, Londres, Macmillan.
- FITZGERALD Deborah K., 1990, *The Business of Breeding: Hybrid Corn in Illinois (1890-1940)*, Ithaca (NY), Cornell University Press.
- FOUCAULT Michel, 1966, *Les Mots et les choses. Une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard.
- 1976, *Histoire de la sexualité*, t. 1: *La Volonté de savoir*, Paris, Gallimard.
 - 1978, « Governmentality », *Ideology and Consciousness*, n° 6, p. 5-12.
 - 1980, *Power / Knowledge: Selected Interviews and Other Writings (1972-1977)*, Brighton, Harvester Press.
- FRANKLIN Sarah, 2013, *Biological Relatives: IVF, Stem Cells and the Future of Kinship*, Durham (NC), Duke University Press.
- 2001, « Culturing Biology: Cell Lines for the Second Millennium », *Health*, vol. 5, n° 3, p. 335-354.
- FRANKLIN Sarah et LOCK Margaret (dir.), 2003, *Remaking Life and Death: Toward an Anthropology of the Biosciences*, Santa Fe (NM), School of American Research Press.
- HOPWOOD Nick, 2000, « Producing Development: The Anatomy of Human Embryos and the Norms of Wilhelm His », *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 74, n° 1, p. 29-79.
- KELLER Evelyn Fox, 2003, *Making Sense of Life: Explaining Biological Development with Models, Metaphors and Machines*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- LANDECKER Hannah, 2007, *Culturing Life: How Cells Become Technologies*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- LÉVI-STRAUSS Claude, 1969 [1949], *The Elementary Structures of Kinship*, trad. J.H. Bell, J.R. von Sturmer et R. Needham, Londres, Tavistock.
- MURPHY Michelle, 2012, *Seizing the Means of Reproduction: Entanglements of Feminism, Health, and Technoscience*, Durham (NC), Duke University Press.
- NGUYEN Vinh-Kim, 2009, « Government-by-Exception: Enrolment and Experimentality in Mass HIV Treatment Programmes in Africa », *Social Theory and Health*, vol. 7, n° 3, p. 196 – 217.
- PALLADINO Paolo, 2003, *Plants, Patients and Historians: On (Re) membering in the Age of Genetic Engineering*, New Brunswick (NJ), Rutgers University Press.
- PETRYNA Adriana, 2003, *Life Exposed: Biological Citizens after Chernobyl*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- RABINOW Paul, 1992, « Artificiality and Enlightenment: From Sociobiology to Biosociality », in Jonathan CARY et Sanford KWINTER (dir.), *Incorporations*, New York, Zone Books, p. 234-252.
- RAJAN Kaushik Sunder, 2006, *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*, Durham (NC), Duke University Press.
- (dir.), 2012, *Lively Capital: Technologies, Ethics, and Governance in Global Markets*, Durham (NC), Duke University Press.
- RAPP Rayna, 1999, *Testing Women, Testing the Fetus: The Social Impact of Amniocentesis in America*, New York, Routledge.
- RITVO Harriet, 1987, *The Animal Estate: The English and Other Creatures in the Victorian Age*, Cambridge (MA), Harvard University Press.

- ROSE Nikolas, 2006, *The Politics of Life Itself: Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- RUBIN Gayle, 1975, «The Traffic in Women: Notes on the "Political Economy" of Sex», in Rayna REITER (dir.), *Toward an Anthropology of Women*, New York, Monthly Review Press, p. 157-210.
- SCHNEIDER David M., 1986, *American Kinship: A Cultural Account*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice Hall.
- STRATHERN Marilyn, 1980, «No Nature, No Culture: The Hagen Case», in Carol MACCORMACK et Marilyn STRATHERN (dir.), *Nature, Culture and Gender*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 174-222.
- 1988, *The Gender of the Gift: Problems with Women and Problems with Society in Melanesia*, Berkeley (CA), University of California Press.
 - 1992, *After Nature: English Kinship in the Twentieth Century*, Cambridge, Cambridge University Press.
- WALDBY Cathy, 2002, «Stem Cells, Tissue Cultures and the Production of Biovalue», *Health*, vol. 6, n° 3, p. 305-323.
- WATKINS Elizabeth Siegel, 1998, *On the Pill: A Social History of Oral Contraceptives (1950-1970)*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.



PORTION-OWNED BALANCE

EXPORTS

NATIONAL

IMPORTS

11 Les savoirs de l'économie

TIMOTHY SHENK
ET TIMOTHY MITCHELL

Depuis Adam Smith et les physiocrates, l'ascension de la « science économique » est autant déplorée qu'acclamée, et les dernières années du XIX^e siècle sont marquées par une accélération des efforts pour mettre sur pied une « véritable » discipline. De nouvelles institutions destinées à accueillir des économistes apparaissent, tandis que les idées redéfinissent le domaine et les techniques propres à son étude.

Aujourd'hui, les économistes jouissent d'une influence dont leurs prédécesseurs n'ont jamais rêvé. L'économie est devenue la science sociale hégémonique et bénéficie, à travers le monde, d'une autorité sans équivalent sur la politique et les affaires. Elle constitue un nouveau domaine de compétence pour les gouvernements, le domaine « économique », et elle a refondu certains des concepts les plus capitaux du siècle comme celui de « marché », doté aujourd'hui d'une importance totémique.

Au début du XX^e siècle, pourtant, loin de chercher à faire de leur discipline la science sociale dominante, les économistes sont plutôt occupés à poser les bases d'une science unifiée centrée sur la « question sociale ». Sociologues, politologues, anthropologues, psychologues ont alors un rôle à jouer au côté de l'économie, et il est courant de voir l'économie traitée comme une branche de cette recherche plus large, ou de trouver des définitions qui voient en elle ce que les fameux *Principes économiques* d'Alfred Marshall appellent « les aspects économiques » de la vie sociale de l'homme¹. Au fil du XIX^e siècle, les visions de la société comme système fonctionnant selon des logiques propres et indépendantes de l'État gagnent du terrain. Et ceux qui pratiquent les bien nommées « sciences

1. Marshall 1890.

◀ Calculateur MONIAC (Monetary National Income Analogue Computer) ou « machine de Phillips », créé en 1949 par l'économiste William Phillips pour modéliser l'économie nationale britannique.

sociales» tentent d'utiliser leurs compétences pour développer le potentiel (et maîtriser les excès) de forces (économiques autant que sociales) qu'ils voient comme en passe de transformer le monde.

Pour bien comprendre l'histoire de l'économie au ^{xx}e siècle, il est nécessaire de faire cohabiter deux éléments : l'avenir que les économistes pensent être en train de construire, et l'avenir qu'ils ont contribué à créer en réalité. Au tournant des ^{xix}e et ^{xx}e siècles, l'économie fait partie d'une science sociale cherchant à comprendre et apprivoiser une entité découverte depuis peu et connue sous le nom de « capitalisme ». Cent ans plus tard, les économistes produisent des modèles toujours plus élaborés qui cherchent à explorer les caractéristiques essentielles d'objets – telle l'économie – revendiqués par la discipline comme terrains propres. Ils s'appuient pour ce faire sur des outils et données fournis par une vaste chaîne de production qui achemine des moyens colossaux vers des milliers d'économistes, franchissant sans entraves les barrières censées exister entre le « public » et le « privé ». La circulation entre frontières intellectuelles est aussi aisée – et les économistes comportementaux utilisent la psychologie pour construire un homme économique plus complexe. On voit aussi couramment des économistes se lancer dans des entreprises impériales et tentant d'annexer des objets appartenant aux champs voisins et les ramener à leurs modes d'analyse. Mais l'écart qui s'est creusé entre cette version de l'économie et les aspirations de ses fondateurs est vaste, et ses conséquences sont considérables.

La construction d'une discipline

Cela fait bien sûr des siècles que l'on débat, en tous lieux, de sujets catégorisés comme « économiques ». Dans bien des cas cependant, les parties au débat n'ont que peu ou pas de formation spécifique. À la fin du ^{xix}e siècle, ceux qui cherchent à faire de l'économie une discipline s'appuient sur quelques antécédents, mais ceux-ci sont d'un faible secours vu l'échelle des redéploiements à accomplir. Revues spécialisées, chaires universitaires, associations professionnelles et instituts de recherche se multiplient, tandis que les universités deviennent le terrain privilégié de la formation en économie. Il n'est alors plus question de continuer à voir les économistes comme ayant simplement une vision du monde un peu particulière. Ils sont désormais les produits d'une formation spécialisée, la constitution de la discipline s'opérant de façon plus ou moins rapide selon les lieux. Au début du ^{xx}e siècle, ce qui a été principalement un passe-temps d'amateur s'est transformé en carrières professionnelles et

les bases sont jetées d'un schéma d'organisation académique en passe de se répandre à travers la planète.

Dans le monde anglophone, la transition passe par l'adoption du terme *economics* qui indique une volonté d'éloignement du champ de l'« économie politique » considéré comme trop ancien et pas assez rigoureux. Un débat connexe, parmi les économistes allemands et autrichiens et baptisé du nom de *Methodenstreit*, oppose les défenseurs d'une approche historique de la vie économique aux partisans d'une science à forts soubassements théoriques et dont les constructions seraient basées sur des principes fondamentaux. Bien qu'attachés initialement à des lieux géographiques précis, ces débats se déploient à travers le globe et, selon les normes allemandes ou anglaises, la France est en retard. Pendant une bonne partie du ^{xx}^e siècle, toutefois, les chercheurs qui tentent d'articuler l'économie au droit, à l'histoire, à la sociologie ou aux autres sciences sociales ont peu à craindre du contingent bien plus réduit d'ingénieurs et de mathématiciens qui vantent les mérites de leurs « calculs économiques¹ ».

L'Europe et les États-Unis du tournant du siècle ne sont pas les seuls à connaître l'avalanche de statistiques qui accompagne les activités économiques ; et la production (comme l'analyse) de ces statistiques n'est pas uniquement, ni même principalement, le fait d'économistes universitaires. Le savoir auquel les statistiques économiques promettent d'accéder est en effet bien trop utile et rentable pour rester confidentiel. Le chemin de fer, le télégraphe et les autres domaines qui font le nouveau monde de l'entreprise et qui bousculent radicalement les sociétés, rendent indispensable la création de nouveaux types de données qu'un secteur financier dynamique cherche à faire connaître aux investisseurs potentiels. La Compagnie américaine des téléphones et télégraphes est pionnière dans la fabrication de ces données statistiques aux États-Unis, par exemple, mais les détracteurs du système jouent un rôle non négligeable. Ainsi des syndicats qui sont décisifs dans l'enregistrement des statistiques du chômage. Les journaux et autres entreprises dédiés au suivi détaillé de ce que beaucoup appellent la « vie économique » commencent à proliférer : le *Wall Street Journal* est lancé en 1883, suivi peu de temps après par l'index boursier des valeurs industrielles de Charles Dow, le Dow Jones Industrial Average. Tous deux rendent compte d'une communauté active qu'ils tendent à solidifier de par leur existence. Ce faisant, les données et statistiques qu'ils présentent se trouvent dotées d'un sens nouveau et puissant.

De nombreux chercheurs en économie partagent cette foi dans le pouvoir des statistiques. Auparavant, de Ricardo à Walras, même les

1. Etner 1987.

La politique des prix

Cette importance de la texture sociale de la vie économique aide à mieux rendre compte de la popularité des politiques réformistes chez les économistes de l'époque. Le marginalisme, souvent présenté comme une rationalisation de l'exploitation vidant l'économie politique de son potentiel radical, peut alors conduire au socialisme. Comme le contemporain et rival de Marshall, Edwin Cannan, le fait remarquer depuis sa chaire à la London School of Economics : « La doctrine de l'utilité marginale étiquette comme économiques de nombreuses choses qui auparavant ne pouvaient être qualifiées qu'en des termes "sentimentaux" ou "non économiques" » – une extension dont les socialistes tirent parti pour se positionner comme les champions à la fois de la justice sociale et de l'usage efficace de ressources limitées¹. Du point de vue des mathématiques, il n'y a pas non plus de différence entre un équilibre atteint par le jeu du marché et un équilibre atteint *via* une planification centralisée. On débat d'ailleurs beaucoup de la capacité des socialistes à fixer des prix rendant les marchés lisibles, et lorsque John Maynard Keynes annonce en 1926 « la fin du "laissez-faire" », il fait écho à une position largement répandue².

1. Cannan 1903 (p. 405).

2. Keynes 1926.

économistes ayant une passion pour les mathématiques donnent peu de place aux données quantitatives dans leurs travaux. Dans la seconde moitié du XIX^e siècle, en revanche, de plus en plus d'économistes, et particulièrement ceux dotés d'un penchant historique, sont convaincus que les statistiques sont essentielles à l'analyse économique et à sa boîte à outils. Le mouvement est puissant en Allemagne et est soutenu ailleurs par un réseau de bureaux dédiés à l'observation du travail et le flot régulier d'économistes partant se former dans ce pays. La Première Guerre mondiale fait perdre cette prérogative à l'Allemagne mais l'expansion de la recherche économique que le pays a contribué à lancer s'installe dans la durée. À la fin des années 1920, les instituts de recherche en économie exercent une influence inégalée, que ce soit le Bureau national de recherche en économie américain ou l'Institut Varga dans l'Union soviétique de Staline.

Intellectuellement, on décrit souvent l'histoire intellectuelle de l'économie au début du XX^e siècle comme l'aboutissement d'une révolution lancée par les marginalistes dans les années 1870. Cette version n'est que la caricature d'une histoire qui est en fait beaucoup plus intéressante et diversifiée. Il est vrai que ceux que l'on appelle plus tard les marginalistes substituent à l'étude des cycles de production et de consommation, et des

formes de distribution de la valeur entre classes sociales, une problématique centrée sur les agents économiques individuels qui, s'appuyant sur les prix pour maximiser leur utilité, arrivent de façon non préméditée à l'équilibre de marché. Cependant, jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, l'économie se signale bien plus par son pluralisme que par la force d'un quelconque consensus. Les structures institutionnelles, la gestion des ressources naturelles, les rouages de l'empire, les complexités de la finance ou la question des races ne sont que quelques-uns des sujets qui disputent alors la première place aux travaux rassemblés sous le nom trompeur mais désormais familier d'« économie néoclassique ».

Contrairement aux stéréotypes qui font aujourd'hui loi, il vaut aussi de rappeler que les travaux assimilés au canon marginaliste s'intéressent alors aux institutions. Les théories de Walras s'inscrivent dans un type de marché spécifique, celui d'une Bourse réglementée. Chez Marshall, les marchés ont des qualités tangibles similaires, même s'il les présente plutôt comme des déclinaisons des places de marché urbaines. Tous deux situent donc leurs marchés dans des contextes éminemment sociaux.

La difficulté à distinguer clairement les marginalistes de leurs collègues ne signifie pas pour autant que les économistes n'ont aucun désaccord profond. Mais vouloir lire cette période de façon téléologique comme un prologue à ce que l'économie allait devenir ne fait que rendre les choses incompréhensibles. Au tournant du ^{xx}e siècle, l'économie hésite entre deux voies qui bénéficient toutes deux d'un riche héritage intellectuel : devenir la science de la gestion de la nature et des ressources, ou celle des prix et de l'argent. On décrit à l'époque cette alternative comme le choix entre donner la priorité à l'« efficacité » ou à la « rareté ». La première fait des économistes les médiateurs entre monde matériel et monde social ; la seconde entre société et univers de flux monétaires suivant leurs logiques propres.

Il n'est pas alors aisé de dire laquelle des deux va l'emporter. Pendant des centaines d'années, la vie économique a été tenue comme inséparable de la production agricole. Les départements d'agriculture, aux États-Unis, sont souvent le refuge des économistes, et quelques-uns parmi les plus grands, comme John Kenneth Galbraith, ont suivi des études d'économie agricole. Jusque dans les années 1970 les manuels pour débutants contiennent souvent un chapitre sur l'agriculture, vestige et signe de ce qui a été autrefois l'élément constitutif de la discipline. Les économistes ont entrepris de déchiffrer l'une des facettes du comportement de l'homme en société, mais leurs explorations du champ social ont conduit beaucoup d'entre eux à le redéfinir et à refuser la quarantaine mettant la nature à part du social.

Un autre élément, essentiel même si opportunément oublié, occupe les esprits dans les premières décennies du xx^e siècle – la ressource inestimable qu'est la pureté raciale. Irving Fisher, par exemple, l'un des économistes les plus acclamés de son vivant, est un fervent partisan de l'eugénisme. Dans son esprit, économie et eugénisme sont inséparables et constituent les deux faces de la richesse nationale qu'il étudie. Cette position l'affilie au courant majoritaire de la profession, aux côtés d'hommes tels qu'Edward Ross, l'un des membres fondateurs de l'Association américaine d'économie et père de la formule « suicide de la race », une variante de la préoccupation traditionnelle de l'économie politique pour la gestion des populations¹. Le déploiement des données et des outils techniques de la statistique est aussi organiquement lié à l'eugénisme : les analyses biométriques de populations conduisent au développement de techniques statistiques très novatrices qui justifient certes les messages eugénistes, mais qui ont leur puissance propre et qui sont largement reprises, dans la suite, par l'économétrie.

Dans les années 1920, les économistes peuvent tirer un bilan positif de ce qui a été accompli : ils sont devenus plus essentiels au gouvernement des activités économiques, la structuration de la discipline se poursuit à un rythme soutenu et les autres institutions dédiées à la production de savoirs économiques (et relevant du monde des affaires) continuent de se développer. L'argent afflue à un niveau sans précédent *via* un ensemble d'organisations philanthropiques, d'agences étatiques et de centres de recherche technique. Cependant, les travaux des économistes ont beau avoir une portée plus grande, leur influence reste limitée. La diversité intellectuelle entretient de vives discussions, et cette hétérogénéité fait qu'il est aisé d'écarter l'économie comme une occupation de nature universitaire, trop divisée sur elle-même pour être utile au gouvernement des choses. On prête une oreille polie à ceux qui prédisent qu'une révolution conceptuelle est imminente, mais les contours de cette transformation restent flous.

La fabrique de l'Économie

Durant les années 1930, l'économie en tant que discipline (*economics*) participe à la fabrication de l'Économie (*the economy*) comme nouvel objet – et la gestion de cet objet devient la préoccupation principale des gouvernements dans les décennies suivantes. La réorganisation de

1. Ross 1901 (p. 88).

la vie politique autour de cet objet, et l'importance des savoirs économiques nécessaires à sa gestion, confèrent une importance nouvelle aux économistes professionnels. Enjambant les incertitudes et désaccords du passé, ceux-ci commencent à revendiquer une place de choix au sein des sciences sociales et dans la décision publique.

Au cours des décennies précédentes, le mot « économie » désigne généralement un processus et non un objet. En lien avec l'idée de « gouvernement », l'économie a pour sens l'administration ou l'utilisation efficace des ressources et moyens matériels. Dans les formules telles qu'« économie politique » ou « économie sociale », elle renvoie non seulement à la « bonne » gestion de la vie mais aussi aux modes de savoir techniques et administratifs utiles à cette gestion. Au milieu du ^{xx}^e siècle, l'idée de « l'Économie » (utilisée maintenant en anglais avec l'article défini, et ici avec une majuscule) prend un sens nouveau. Les économistes commencent à utiliser le terme pour désigner la totalité des relations de production, d'échange et de consommation à l'intérieur d'un territoire donné. Ce changement reflète l'usage de nouvelles méthodes statistiques qui visent la mesure et le suivi des relations monétarisées à l'échelle des pays. Il reflète aussi des changements dans les dimensions matérielles et sociales de la vie, notamment la montée des bureaucraties étatiques et des administrations gestionnaires dans les firmes. Il signale finalement le passage, pour les grandes puissances industrielles, de l'ère de l'expansion territoriale et des politiques impériales à la priorité donnée au gouvernement de l'État-nation et à la gestion de la crise.

Une invention majeure contribue à la fabrication de l'Économie, la mise en place des statistiques du revenu national. Dans l'entre-deux-guerres, des statisticiens tels que Simon Kuznets aux États-Unis mettent au point des méthodes pour mesurer ce qui sera connu plus tard comme le produit national brut (PNB). Imaginant que le monde économique est constitué de trois grandes entités – les ménages, les entreprises et le gouvernement –, les calculs du revenu national produisent une estimation mensuelle des échanges entre ces unités et présentent le total comme reflétant l'évolution d'un objet nouveau : l'Économie nationale, vue alors comme une unité systémique. D'autres forces perturbent certes le système de l'extérieur, mais l'économie peut à présent être conçue comme un objet dynamique, distinct des autres processus sociaux et sujet à ses propres lois de fonctionnement, empiriquement déchiffrables. Le gouvernement n'est toutefois pas le seul à développer de nouveaux usages autour de ces catégories et données. Des changements sont à l'œuvre en parallèle : la montée du nombre de grandes entreprises cotées, l'utilisation quotidienne des écritures et de la monnaie de papier, le paiement de l'impôt

sur le revenu par une proportion grandissante de ménages, etc. – toutes activités qui multiplient les façons dont la vie collective est réglée par des calculs monétaires et comptables, avec pour résultat la production d'un monde unifié par le nombre et qui peut dès lors être imaginé et représenté comme *une* Économie.

À la même époque, la Grande Dépression attire l'attention sur les travaux de l'économiste anglais John Maynard Keynes (et sur des recherches similaires dans d'autres pays). La *Théorie générale* de Keynes contribue à déplacer le regard des microétudes centrées sur les agents et les prix sur des marchés spécifiques à ce qui sera connu plus tard sous le nom de « macroéconomie » et qui regarde la production nationale, l'emploi, le revenu, l'épargne, l'investissement, l'offre de monnaie et les taux d'imposition. Les gouvernements s'appuient sur ces idées pour calculer ces nouveaux agrégats et introduire des programmes pour gérer leurs interactions. Ce faisant, les concepts qu'invente l'économie-discipline en viennent à faire partie du monde que les économistes prétendent décrire. Et les expérimentations parallèles de planification en Union soviétique, comme le travail des économistes de l'Allemagne de Weimar ou ceux de la Société des Nations, renforcent l'émergence de l'Économie comme objet de connaissance.

Une troisième évolution caractéristique de la période, et vitale pour comprendre le changement que nous cherchons à caractériser, est le développement de l'économie mathématique. L'éditeur et conseiller en investissements Alfred Cowles, frustré par l'inexactitude des prévisions boursières, finance le développement de techniques mathématiques et statistiques pour faire de l'économie une science plus précise. Il fonde une revue, *Econometrica*, et un institut de recherche, la Commission Cowles, chargée de produire des modèles généraux des processus économiques. Des systèmes d'équations sont au point de départ de ces savoirs. L'information statistique est désormais collectée moins comme une description du monde réel que comme échantillon de données à introduire dans les modèles mathématiques, desquels les lois économiques sont induites. Plus tard, les abstractions de l'économie mathématique compliqueront considérablement la tâche des économistes visant la définition de politiques économiques de portée pratique. L'abstraction même de la science contribue cependant à renforcer alors, par contraste, l'effet de réel de l'objet Économie auquel les modèles et les données semblent se rapporter¹.

Finalement, des méthodes plus pratiques de calcul et de gestion de l'économie nationale se développent durant la Seconde Guerre mondiale.

1. Pour un autre aperçu sur ces modèles, voir Armatte et Dahan (dans ce volume, p. 339).

Les gouvernements doivent en effet maximiser leur production industrielle, contrôler les prix et salaires, gérer l'allocation du travail et des matières premières pour être en mesure de répondre aux besoins civils et militaires. Ils regroupent donc des économistes dans des bureaux de planification où de nouvelles méthodes d'estimation et de modélisation des interactions entre variables macroéconomiques sont développées. Et ces efforts amènent la science économique sur le devant de la scène.

Un dernier point : la Seconde Guerre mondiale confirme la fin de l'ère des empires coloniaux à travers lesquels les grandes puissances ont organisé production et commerce *via* leur mainmise sur les territoires. Or les réseaux enchevêtrés de l'impérialisme mondial rendent difficile le calcul des processus économiques en termes d'unités territoriales autosuffisantes. Alors que les puissances industrielles desserrent leur emprise, perdent leurs empires et se recentrent sur la gestion de leurs affaires économiques nationales, il devient soudainement possible, pour la pensée économique et la pratique gouvernementale, d'organiser ces affaires à l'échelle d'une nation – et de son Économie.

Un âge d'or de la croissance et des modélisations mathématiques ?

À la fin de la guerre, les populations des puissances industrielles attendent de leurs gouvernements la mise en place de sociétés égalitaires basées sur de hauts salaires, l'amélioration de la protection sociale, l'arrêt (aux États-Unis) de la ségrégation raciale et, dans de nombreux cas, le renforcement du rôle des travailleurs dans la gestion et la propriété des moyens de production. Déployant les méthodes récemment apprises, les économistes apportent une autre réponse : au lieu de redistribuer propriétés et revenus, les gouvernements peuvent mener des politiques de « croissance ».

La science économique a souvent été confrontée aux changements – à la croissance de la population, l'expansion du commerce, les excès ou pénuries de ressources naturelles, l'inflation. Dans le contexte du New Deal, les politiques de relance, qui impliquent la remise en service d'usines et la création d'emplois pour les chômeurs, sont comprises comme s'inscrivant dans des cycles de croissance et de contraction de l'activité, un mouvement désigné sous le nom de « cycles économiques ». L'expansion n'est donc pas une fin en soi – même si l'étude des cycles économiques conduit à définir les moyens d'en niveler les variations, bridant si nécessaire les mouvements d'expansion pour diminuer l'ampleur des récessions, ou cherchant à réduire les goulets d'étranglement (qui peuvent entraver

la sortie de crise) dans l'offre de marchandises ou de travail. Après 1945, en revanche, la « croissance » signifie tout autre chose : l'objet que les politiques gouvernementales se donnent n'est pas de faire croître la population, le commerce, les ressources ou la richesse, mais quelque chose de plus vaste et moins matériel, et surtout capable de connaître, on l'espère, un développement *continu* : l'Économie.

Les économistes utilisent aussi la croissance pour penser et conduire les relations entre pays industrialisés et anciennes colonies, et le maître mot en est le « développement économique ». Dans l'entre-deux-guerres, la Grande-Bretagne et les autres puissances impériales introduisent des programmes de développement colonial, espérant ainsi réduire les forces d'opposition par une meilleure exploitation des ressources et l'amélioration des conditions de vie des populations. Après guerre, les économistes américains qui travaillent (notamment) avec la Banque mondiale utilisent la mesure du PNB et de sa croissance pour construire un nouvel avenir pour les Suds. Ayant rejeté les demandes des nouveaux États indépendants tels que l'Inde et qui portaient sur la révision des termes du commerce international et le transfert de capitaux du Nord vers le Sud, les États-Unis se tournent vers la science de la croissance économique comme réponse à la pauvreté et aux inégalités globales. Ces programmes de développement ne réduisent pas l'écart entre les niveaux de richesse et de qualité de vie au Nord et au Sud, mais ils offrent une fois de plus à la nouvelle science la possibilité de définir et modeler les politiques publiques.

Cette affaire du développement n'est qu'un des exemples du poids grandissant qu'exercent après guerre les économistes en tant que gestionnaires de l'économie et experts en efficacité. À la même époque, des agences comme la Fondation Ford encouragent l'exportation de la version américaine de la science économique. Des différences nationales persistent, mais la science économique américaine, ou du moins une version très sélective et étroite de celle-ci, en vient à dominer l'enseignement et la recherche au niveau mondial.

Le mouvement qui fonde la discipline sur la modélisation mathématique des phénomènes économiques installe une *lingua franca* qui donne son jargon à la profession. De la démarche quasiment philosophique qu'elle était à ses débuts, la science économique achève sa conversion en ingénierie. Rien ne représente mieux cette transformation que la théorie de l'équilibre général développée par Kenneth Arrow et Gérard Debreu au début des années 1950. Le modèle Arrow-Debreu montre que l'économie dans son ensemble, et pas seulement les marchés de marchandises spécifiques, peut être modélisée mathématiquement comme en équilibre concurrentiel – comme un système dans lequel, sur la base d'une série

d'hypothèses irréalistes comme celle de la concurrence parfaite, chaque producteur et chaque consommateur trouvent un prix réalisant l'équilibre entre offre et demande.

La théorie d'Arrow-Debreu devint une pièce maîtresse de la synthèse néoclassique – cette tentative d'origine principalement américaine de réconcilier la macroéconomie keynésienne avec la microéconomie néoclassique de Léon Walras. De brillants successeurs de Keynes, tels les membres de l'école de Cambridge en Angleterre, voient d'un œil critique ces tentatives visant à considérer l'économie dans son ensemble comme la simple agrégation de calculs économiques individuels. Cependant, le manuel de Paul Samuelson, *Economics: An Introductory Analysis*, et l'influence immense qu'il exerce assurent le succès de la synthèse. Publié une première fois en 1948 puis traduit dans plus de 40 langues, le manuel est enrichi et parfois amputé de certaines idées au fil de ses 19 éditions. Mais il assure avec succès la promotion de la mathématisation de la discipline et sa division en deux branches distinctes bien qu'apparemment compatibles, la macroéconomie traitant de l'économie dans son ensemble et la microéconomie des marchés individuels.

Le triomphe du marché

Quand les années 1970 arrivent, la conjonction essentielle d'éléments qui a stimulé la montée en puissance de l'Économie se délite. Au grand plaisir de Milton Friedman et de ses amis, l'ordre institué par les accords de Bretton Woods s'effondre en 1971. À l'ère de ce qui commence à devenir la « mondialisation », ce signal n'est pourtant que le premier des défis que doivent affronter ceux qui cherchent à contrôler les économies nationales. Un nouveau néologisme destiné à devenir le pain quotidien des économistes et politiques l'indique, la « stagflation », qui décrit l'association d'une croissance économique stagnante et d'une inflation galopante. On présente souvent cette période comme le moment où l'âge d'or du capitalisme – les « Trente Glorieuses » en France – cède le pas au néolibéralisme, révélant ainsi la poigne de fer que dissimulait auparavant le gant de velours de la social-démocratie. Un examen plus attentif révèle toutefois une histoire beaucoup plus riche et intéressante.

D'abord, le dispositif de production des savoirs économiques constitués de l'entre-deux-guerres aux années 1950 et 1960 survit aux régimes politiques basés sur la planification nationale. La performance économique offre toujours une mesure des succès des gouvernements, on confie toujours aux économistes la tâche de concevoir les politiques publiques

capables de soutenir la croissance, et les connaissances en économie sont plus appréciées que jamais. La prospective économétrique se mue toutefois en partie en une industrie privée lucrative, évolution notable pour une discipline auparavant dominée par des chercheurs employés dans des administrations d'État et qui, avant la Grande Dépression, dénonçaient les analystes privés comme étant des charlatans.

Les institutions qui pilotent l'économie d'après guerre continuent à se développer, redirigées toutefois vers de nouveaux objectifs. Le président de la Réserve fédérale américaine, Paul Volcker, décrit l'essentiel de cette transformation et son côté paradoxal dans ces propos :

Nous sommes tous keynésiens à présent – explique-t-il – et ceci est lié à la façon dont nous regardons les choses. Les statistiques du revenu national appartiennent à une vision du monde keynésienne, et le langage des économistes est largement keynésien. Mais si l'on entend par « keynésien » l'idée qu'il faudrait mettre l'économie sous perfusion, que les relations qui la constituent sont claires et comprises, et que cela, si bien mis en œuvre, nous permet d'accéder à une prospérité éternelle, alors ça, c'est des conneries¹.

Les propos de Volcker laissent pourtant de côté le maître mot de ceux qui prétendent avoir dépassé les « conneries » keynésiennes : le marché, terme qui prend alors un sens très neuf. Jusqu'aux années 1950, les défenseurs du monde des affaires sont les gardiens de l'ensemble des institutions que rassemble le vocable de « libre entreprise ». Mais la notion de marché qui s'impose dans les années 1970 est un concept d'une autre nature, plus léger, plus abstrait et facile à employer. Contrairement aux bureaucraties pesantes et quasi dictatoriales des États, le marché est (ou plutôt est présenté comme) un lieu générique et flexible où des individus exerçant leur libre arbitre interprètent les informations renvoyées par les prix, calculent la trajectoire qu'ils doivent emprunter – ceci débouchant, pour la société, sur des résultats optimaux.

Alors que les défenseurs du marché s'étendent à loisir sur les mérites de la concurrence débridée, le marché lui-même se révèle assez difficile à caractériser. Cette ambiguïté autorise une schizophrénie tranquille, le marché étant à la fois une propriété universelle des relations humaines dont on ne peut défier le verdict sans se voir anéanti, et une chose vulnérable qui nécessite une protection de tous les instants vis-à-vis de ses potentiels saboteurs. Mais les concepts flous sont fort utiles, nous le savons, et ils servent souvent des objectifs concrets avec plus d'efficacité que leurs rivaux trop précis.

1. Cité par Neikirk 1986 (p. 107).

L'hypothèse d'efficience du marché

L'un des exemples les plus remarquables de cette foi nouvelle dans les marchés est l'acceptabilité grandissante de l'hypothèse d'efficience du marché (HEM). Celle-ci décrit les marchés financiers comme des processeurs d'information hors pair qu'aucun individu ne pourra jamais espérer dépasser. Cette façon de considérer le marché comme le dispositif idéal de traitement de l'information (plutôt que comme un outil d'allocation des ressources) est à la base de l'économie financière et transforme l'essentiel de la finance. Des « ingénieurs financiers » autoproclamés s'appuient sur l'HEM et d'autres innovations – la plus célèbre et populaire étant le modèle de valorisation des options Black-Scholes – pour créer des instruments financiers d'une complexité toujours plus grande. Certains prétendent que ces évolutions permettent aux investisseurs de gérer plus efficacement leur risque, voire de le supprimer. Sur les marchés financiers, l'argent coule à flots, facilitant la circulation du capital et de la production par-delà les frontières. Quand les années 1980 arrivent, l'ère de Bretton Woods a laissé place à ce qui sera appelé plus tard le « consensus de Washington ». Les recommandations de ses thuriféraires lient étroitement stabilité des prix, privatisations, libéralisation du commerce et déficits budgétaires minimaux. Les leaders politiques qui tentent d'infléchir la tendance sont mis en garde contre les châtiments que leur réservent des marchés d'obligations sans merci. À la base de ce système, on retrouve l'architecture financière que la théorie économique a rendue possible.

Au sein de la profession, parmi les économistes universitaires, l'obsession pour les marchés débouche sur une quête des microfondations nécessaires à la théorie économique d'ensemble. Milton Friedman, lorsqu'il défend son alternative « monétariste » au keynésianisme, continue bien sûr à utiliser les agrégats qui constituent la base de la macroéconomie d'après guerre. De même, les politiques et leurs experts continuent d'utiliser la plupart de ces outils – mais l'avant-garde académique les condamne comme infiniment rétrogrades : ce que requiert la science économique, ce sont des modèles qui arrivent à des conclusions valables pour l'économie en général à partir, et de l'intérieur, de la théorie de l'équilibre général.

Une solution est trouvée grâce à l'hypothèse des « attentes rationnelles ». Celle-ci pose comme principe que les individus sont des acteurs économiques extrêmement ingénieux capables de comprendre les modèles que les économistes construisent pour expliquer leurs actions. Et sous ces conditions de « réflexivité », les politiques de stabilisation ne peuvent agir sur l'économie que si elles sont imprévisibles. Les partisans de cette économie « néoclassique » avancent donc une conception du temps et de l'espace économiques originale : le référentiel d'analyse pertinent n'est

plus l'Économie considérée comme un tout mais les décisions d'un *Homo economicus* prévoyant. Être capable de prévoir le résultat des interventions politiques implique une autre façon de gouverner au présent à travers le futur. Si les gens comprennent que les baisses d'impôt d'aujourd'hui sont les hausses de demain, ils ne vont pas dépenser leur argent, comme le prévoient les keynésiens, mais l'économiser. La théorie des attentes rationnelles bouche le trou qui permettait aux keynésiens de jouer de l'ambiguïté du présent pour amener les gens, malgré eux, sur le chemin de la prospérité. Alors que les critiques affluent, Robert Lucas, qui inaugure le tournant des attentes rationnelles depuis Chicago, prédit que « le terme de "macroéconomie" va tout simplement disparaître de la circulation » et n'être plus que le vestige d'une ère révolue¹.

Mais la prédiction de Lucas est fautive : la « macroéconomie » subsiste, notamment parce que les partisans de la théorie des attentes rationnelles ne réussissent pas à construire des modèles utiles à ceux qui gèrent effectivement l'économie (ce qui malgré tout reste massif). Dans les années 1980, la dynamique suscitée par les champions des attentes rationnelles passe donc ailleurs, du côté des défenseurs des « cycles réels ». Cette nouvelle génération de théoriciens considère toujours les individus comme des acteurs rationnels, mais ils voient dans certains chocs « réels », comme la flambée des prix du pétrole, le lieu d'origine des fluctuations économiques. Ce mouvement est à son tour contesté par ceux qui se décrivent comme néokeynésiens et qui démontrent que des modèles répondant aux critères des économistes néoclassiques peuvent être utilisés pour justifier les politiques keynésiennes – à condition d'être fondés sur des hypothèses appropriées. Selon eux, les variations de la demande agrégée peuvent être expliquées par des erreurs dans les prises de décision individuelles. Les sceptiques rejettent le néokeynésianisme, l'accusant de tenter par tous les moyens de rationaliser ses propres conclusions. Et les néokeynésiens eux-mêmes reconnaissent que l'on donne un poids analytique énorme à des sujets en apparence mineurs comme la vitesse à laquelle les prix et les salaires s'adaptent à des conditions de marché changeantes, alors que les moyens exacts par lesquels ces décisions individuelles se reflètent dans les outils conventionnels keynésiens comme la courbe de Phillips restent flous.

Mais ces scrupules sont vite abandonnés, notamment parce que la profession a besoin d'un consensus réconciliant gestion courante des affaires économiques et théorie économique de pointe. Un nouveau type de modèle, le modèle d'équilibre général dynamique (DSGE), pour

1. Lucas 1987 (p. 107).

lequel les acteurs économiques sont rationnels et dirigés vers le futur tandis que les marchés se voient reconnaître toute une série d'imperfections, passe au cœur de la macroéconomie. La tentative d'équilibrer les macroagrégats économiques qui a occupé l'économie au milieu du siècle n'est plus qu'un lointain souvenir et, au tournant du millénaire, on célèbre le consensus atteint par la discipline comme jamais auparavant.

Les caricatures qui présentent les économistes comme les adorateurs de modèles désespérément abstraits et dénués de fondements empiriques oublient certaines évolutions récentes de la discipline. Du travail mené par Gary Becker dans les années 1960 sur le « capital humain » à la célèbre *Freakonomics* basée sur les travaux du collègue de Becker à l'université de Chicago, Steven Levitt, la portée de l'économie s'étend et englobe tout ce qui semble pouvoir se rattacher de près ou de loin à des questions de maximisation d'utilité – qu'on parle racisme, suicide ou autre. Les économistes comportementalistes cherchent le moyen de mettre sur pied des acteurs plus subtils dotés de rationalités limitées, loin du stéréotype du maximisateur d'utilité sans cœur. Dans les années 1980, la théorie des jeux devient omniprésente et facilite l'élargissement du champ de la discipline. Des contingents d'économistes formés durant leurs études à l'économétrie profitent de l'explosion de la quantité de données rendues disponibles par la sophistication croissante des ordinateurs pour réintroduire des pratiques de recherche empiriques au cœur de la profession.

La microéconomie ne met pas longtemps à démontrer son utilité hors de la discipline. Considérés comme les maîtres en calcul de taux d'efficacité, les économistes décrochent des postes de consultants en entreprise, tandis que, sous l'impulsion du mouvement florissant « droit et économie » de Chicago, les cours en théorie des prix deviennent courants dans les formations juridiques. En raison des querelles qui l'agitent, la macroéconomie met plus de temps à attirer l'attention des hauts fonctionnaires. En 2006 encore, Gregory Mankiw constate, alors qu'il vient juste de quitter son poste de directeur du Conseil des conseillers économiques : « La triste vérité est que, durant les trente dernières années, la recherche en macroéconomie n'a eu en pratique qu'un impact mineur dans l'analyse des politiques fiscale et monétaire¹. » Bien que la situation change peu de temps après ces propos désabusés, des modèles plus simples qui auraient fort bien pu sortir, au prix de quelques ajustements, d'un livre de stratégie keynésienne des années 1960 continuent d'être les outils les plus utilisés pour gérer l'économie. Les néokeynésiens se montrent d'ailleurs redoutablement efficaces aux postes de pouvoir dans la sphère politique : Lawrence

1. Mankiw 2006 (p. 42).

Summers, Janet Yellen, Joseph Stiglitz, Olivier Blanchard, Ben Bernanke et Mankiw lui-même sont quelques-unes des nombreuses figures issues de ce mouvement.

Si une certaine continuité peut être observée dans les théories qui guident les hauts fonctionnaires, la responsabilité du gouvernement économique glisse toutefois, de manière subtile mais décisive, des mains de représentants élus à celles des banquiers centraux. À partir des années 1970, le manque de confiance dans la capacité des gouvernements démocratiques à mener les arbitrages difficiles requis en période de contraction économique marque le début des autorités indépendantes capables de maîtriser le savoir technique et de suivre des règles limitant le pouvoir discrétionnaire des politiques. Ce programme est mis en pratique pour la première fois par les banques centrales, un modèle appliqué par la suite de façon large, de la collecte de l'impôt à la gestion des aéroports. L'autorité que les banques sont supposées exercer, comme ses modalités détaillées, connaissent des changements considérables sur la période. Autour des années 1980, la tendance monétariste est vite remplacée par des politiques de calibrage des taux d'intérêt à court terme dans le but de réduire l'inflation (et de ramener par conséquent à la baisse les anticipations d'inflation). Par-delà ces évolutions, l'idée que les experts indépendants peuvent protéger l'économie et discipliner le public reste inébranlée.

Et pendant ce temps, l'économie-discipline prospère... La probabilité que les élites politiques aient des diplômes d'économie n'a jamais été aussi haute : près de la moitié des pays pris en compte dans un rapport de 1998 ont au moins un haut responsable diplômé en économie. Plus d'un huitième ont un leader ayant fait un doctorat en économie dans une faculté occidentale. Une petite élite d'universités situées principalement aux États-Unis contrôle l'entrée dans le domaine pour le monde entier. Dans les années 1980, Ben Bernanke et Mervyn King sont collègues de bureau au MIT. Vingt ans plus tard, ils dirigent la Réserve fédérale américaine et la Banque d'Angleterre. Stanley Fischer, directeur de thèse de Bernanke, prend la tête de la Banque d'Israël. Un autre étudiant de Fischer, Mario Draghi, devient président de la Banque centrale européenne. Les organisations transnationales emploient par ailleurs des centaines d'économistes – on en dénombre environ 800 à la Banque mondiale dans les années 1990 –, ce qui surpasse les départements de recherche universitaires les plus prestigieux. La Réserve fédérale américaine emploie presque autant d'économistes que la Banque mondiale. Et les gouvernements à travers la planète en emploient des milliers d'autres, sans compter ceux des *think tanks* et autres instituts de recherche privés qui prolifèrent depuis les années 1970.

Derrière la plupart des évolutions importantes de l'économie universitaire se profilent donc les silhouettes de grandes organisations extérieures au monde académique. La théorie des attentes rationnelles est développée à ses débuts dans une antenne de la Réserve fédérale dans le Minnesota. Les modèles DSGE sont produits par des bureaux régionaux de la Réserve fédérale. Plusieurs décennies auparavant, le ministère de la Défense a fait bénéficier la recherche en théorie des jeux de financements généreux – avant qu'elle ne se diffuse largement à travers la discipline. De nombreux autres piliers du domaine sont dépendants de fonds publics, de la comptabilité nationale à la programmation linéaire.

Mais les responsables politiques ne sont pas les seuls à faire montre d'une telle soif de savoir économique. En 2000, aux États-Unis comme à peu près partout dans le monde, plus de la moitié des docteurs en économie travaillent en dehors de la sphère publique. Le milieu académique est aussi concerné. Dans les universités prestigieuses on trouve autant d'économistes dans les écoles de commerce que dans les départements d'économie. Et les apprentis hommes d'affaires initiés pendant leurs études à ce que Gary Becker appelle « une façon économique de voir la vie » sont plus susceptibles d'engager des économistes à leur sortie de l'université¹.

Pour les économistes, les postes les plus lucratifs sont dans la finance. Celle-ci a vu ses pratiques bouleversées au début des années 1980 par l'arrivée de techniques dérivées de l'économie financière. Des modèles quantitatifs formulent des prévisions de retour sur investissement, tandis que des algorithmes d'une extrême sophistication sous-tendent le déclenchement des transactions. Les marchés de produits dérivés sont plus que tout autre redevables de ces innovations. Au cours des années 2000, des trillions de dollars circulent à travers ces marchés, ce qui n'aurait pas été possible sans l'apport intellectuel de l'économie financière.

L'économie-discipline et les économistes ont développé des liens inextricables avec les objets qu'ils prétendent étudier, et sont devenus plus que jamais indispensables à leur bon fonctionnement. Ils en retirent d'énormes avantages et la réussite dans un département important ouvre la voie à des carrières dans le milieu académique, la politique et les affaires, ou dans les trois à la fois. Mais ces réussites personnelles résultent d'une transformation plus large. Les économistes ne se sont pas contentés d'observer ce monde, ils ont participé de manière décisive à son avènement.

Cette influence n'a jamais été aussi manifeste qu'en 2008, au moment où le plus clair de ce que les économistes ont érigé en menace de s'effondrer :

1. Becker 1992.

un secteur financier secoué par les instruments censés le dompter ; des responsables politiques ayant célébré pendant des années la « Grande Modération » et qui luttent pour empêcher une autre dépression ; une profession abasourdie devant des événements que ses modèles n'ont pas vus venir et qu'ils ont même rendus possibles¹. En fait, il ne s'agit pas d'une simple crise économique – il s'agit, plus essentiellement, d'une crise faite par les économistes.

Traduit par Clara Breteau

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALACEVICH Michele, 2009, *The Political Economy of the World Bank: The Early Years*, Palo Alto (CA) et Washington (DC), Stanford University Press et the World Bank.
- BACKHOUSE Roger et BOIANOVSKY Mauro, 2013, *Transforming Modern Macroeconomics: Exploring Disequilibrium Microfoundations (1956-2003)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- BECKER Gary, 1992, « The Economic Way of Looking at Life », conférence Nobel, Stockholm.
- BERNANKE Ben, 2004, « The Great Moderation », discours prononcé devant l'Eastern Economic Association, Washington (DC).
- BOCKMAN Johanna, 2011, *Markets in the Name of Socialism: The Left-Wing Origins of Neoliberalism*, Palo Alto (CA), Stanford University Press.
- BURGIN Angus, 2012, *The Great Persuasion: Reinventing Free Markets since the Great Depression*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- CANNAN Edwin, 1903, *A History of the Theories of Production and Distribution in English Political Economy from 1776 to 1848*, Londres, P.S. King & Son.
- CLAVIN Patricia, 2013, *Securing the World Economy: The Reinvention of the League of Nation (1920-1946)*, Oxford, Oxford University Press.
- COOK Simon, 2009, *The Intellectual Foundations of Alfred Marshall's Economic Science: A Rounded Globe of Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press.
- COOPER Frederick et PACKARD Randall (dir.), 1998, *International Development and the Social Sciences: Essays on the History and Politics of Knowledge*, Berkeley (CA), University of California Press.
- DESROSIÈRES Alain, 1993, *La Politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, Paris, La Découverte.
- ETNER François, 1987, *Histoire du calcul économique en France*, Paris, Economica.
- FOUCAULT Michel, 2004, *Naissance de la biopolitique. Cours au Collège de France (1978-1979)*, Paris, Seuil / Gallimard.
- FOURCADE Marion, 2009, *Economists and Societies: Discipline and Profession in the United States, Britain, and France, 1880s to 1990s*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- GRIMMER-SOLEM Erik, 2003, *The Rise of Historical Economics and Social Reform in Germany (1864-1894)*, Oxford, Oxford University Press.

1. Pour une des premières proclamations de l'arrivée de la « Grande Modération », voir Bernanke 2004.

- HALL Peter (dir.), 1989, *The Political Power of Economic Ideas: Keynesianism across Nations*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- KEYNES John Maynard, 1926, *The End of Laissez-Faire*, Londres, Hogarth Press.
- LAIDLER David, 1991, *The Golden Age of the Quantity Theory*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- 1999, *Fabricating the Keynesian Revolution: Studies of the Inter-War Literature on Money, the Cycle, and Unemployment*, Cambridge, Cambridge University Press.
- LUCAS Robert, 1987, *Models of Business Cycles*, New York, Basil Blackwell.
- MACKENZIE Donald, 2006, *An Engine Not a Camera: How Financial Models Shape Markets*, Cambridge (MA), MIT Press.
- MAIER Charles, 1987, *In Search of Stability: Explorations in Historical Political Economy*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MANKIW Gregory N., 2006, « The Macroeconomist as Scientist and Engineer », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 20, n° 4, automne, p. 29-46.
- MARSHALL Alfred, 1890, *Principles of Economics*, Londres, Macmillan, < www.econlib.org/index.html > .
- MEHLING Perry, 1997, *The Money Interest and the Public Interest*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- 2005, *Fischer Black and the Revolutionary Idea of Finance*, Hoboken (NJ), John Wiley & Sons.
- MIROWSKI Philip, 2002, *Machine Dreams: Economics Becomes a Cyborg Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- 2013, *Never Let a Serious Crisis Go to Waste: How Neoliberalism Survived the Financial Meltdown*, New York, Verso.
- MIROWSKI Philip et PLEHWE Dieter (dir.), 2009, *The Road from Mont Pelerin: The Making of the Neoliberal Thought Collective*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- MITCHELL Timothy, 2011, *Carbon Democracy: Political Power in the Age of Oil*, New York, Verso.
- MONTECINOS Verónica et MARKOFF John (dir.), *Economists in the Americas*, Cheltenham et Northampton, Edward Elgar.
- MORGAN Mary, 1990, *The History of Econometric Ideas*, Cambridge, Cambridge University Press.
- 2012, *The World in the Model*, Cambridge, Cambridge University Press.
- NEIKIRK William, 1986, *Volcker: Portrait of the Money Man*, Chicago (IL), Congdon & Weed.
- ROBERTS Alasdair, 2010, *The Logic of Discipline: Global Capitalism and the Architecture of Government*, Oxford, Oxford University Press.
- ROSS Edward, 1901, « The Causes of Race Superiority », *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, n° 18, p. 67-89.
- RUTHERFORD Malcolm, 2011, *The Institutional Movement in American Economics (1918-1947): Science and Social Control*, Cambridge, Cambridge University Press.
- SHENK Timothy, 2013, *Maurice Dobb: Political Economist*, New York, Palgrave Macmillan.
- SPEICH Daniel, 2013, *Die Erfindung des Brutto sozialprodukts. Globale Ungleichheit in der Wissensgeschichte der Ökonomie*, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht.
- TOOZE Adam, 2001, *Statistics and the German State (1900-1945): The Making of Modern Economic Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press.
- WEINTRAUB E. Roy, 2002, *How Economics Became a Mathematical Science*, Durham (NC), Duke University Press.



12 Les savoirs de la diversité humaine

VERONIKA LIPPHARDT

Comment les scientifiques donnent-ils sens aux variations au sein de l'espèce humaine ? Pour le généticien Kenneth Mather, « la diversité humaine a été un sujet d'intérêt et de spéculation depuis les origines de l'humanité¹ ». Par cette phrase, Mather prétend que la diversité humaine a toujours existé et a toujours fait l'objet de questionnements. Il affirme aussi qu'après les « spéculations » du passé la science contemporaine *sait* désormais ce qu'est la diversité humaine et ce qu'elle a toujours été. En faisant de la diversité un concept et un phénomène stable gravé dans l'ADN, Mather et ses collègues pensent accéder à sa nature fondamentale et régler les questions qui la concernent une fois pour toutes. Cependant, ceux qui cherchent à comprendre la diversité humaine en la stabilisant éludent ce que Fleck a appelé le « signal de résistance² ». La diversité humaine ne s'est en effet jamais réduite aux concepts, techniques, théories ou cadres d'explication successivement avancés par les sciences. Elle s'est toujours avérée plus complexe et fuyante que prévu, et fut bien plus qu'un simple enjeu de connaissance. La production de savoirs sur cette question est toujours allée de pair avec des élaborations juridiques, des interventions administratives, des politiques coloniales, dans lesquelles des conceptions particulières de la diversité humaine fondaient des hiérarchies et des discriminations entre groupes humains. Les spéculations savantes alimentent – et sont alimentées par – les pratiques sociales et politiques, et les scientifiques, qu'ils en soient conscients ou non, qu'ils les combattent ou non, ne sont nullement exempts de croyances déterminant profondément leurs travaux.

Mais raconter l'histoire des savoirs sur la diversité humaine sous l'angle

1. Mather 1964.

2. Fleck 1980.

privilegié d'une science de la race, d'une histoire des légitimations scientifiques du racisme, ne saurait suffire pour rendre compte de la complexité des investigations scientifiques menées au xx^e siècle. Nous nous proposons donc d'ouvrir notre lecture à d'autres dimensions.

La version standard : l'histoire du racisme scientifique

Dans leur présentation des « sciences de la race », des « sciences raciales », de « la race dans les sciences » ou du « racisme scientifique », les historiens accordent une attention toute particulière à la façon dont les scientifiques participent à la classification des races, à l'élaboration de typologies et au développement d'une pensée de l'inégalité des races¹.

Aux alentours de 1800, les premières classifications et typologies raciales commencent à circuler dans les cercles académiques. Au milieu du xix^e siècle, les scientifiques débattent de la possibilité que toutes les races humaines aient des ancêtres communs. Mais le monogénisme qui l'emporte se révèle tout aussi compatible avec le racisme et le colonialisme que le polygénisme. Accepter de segmenter l'espèce humaine en différents groupes raciaux permet de les hiérarchiser, ce que font les théories raciales de l'époque, avec notamment les outils de l'anthropométrie².

Au début du xx^e siècle, le racisme scientifique se solidifie et s'inscrit dans l'intérêt croissant pour l'eugénisme ou l'hérédité. Aux États-Unis comme en Allemagne, les tenants radicaux de la discrimination raciale et de l'eugénisme sont alors aux avant-postes des institutions scientifiques.

On connaît maintenant assez bien les trajectoires et intrications politiques des sciences de la race dans divers contextes nationaux³. Chaque histoire nationale, comme les histoires transnationales qui les relient, est marquée par des génocides, des persécutions, des déportations, des discriminations ou une indifférence criminelle dans lesquels des scientifiques peuvent directement tremper.

Après la Seconde Guerre mondiale, la position dure des biologistes de la race perd tout crédit, et la génétique des populations promet de fonder l'explication de la variation humaine sur de nouvelles bases. Les premiers chercheurs en génétique des populations participent aux campagnes contre le racisme organisées par l'Unesco et s'efforcent, dans la Déclaration sur la race publiée par celle-ci en 1950, d'aboutir à un consensus

1. Stepan 1984, Jackson et Weidman 2004, Kaupen-Haas et Saller 1999.

2. Mendelsohn 2001.

3. Quelques études de cas chez Stocking 1988, Lindee et Santos 2012.

sur le concept. Mais si tous s'accordent pour condamner les typologies raciales, les atrocités nazies ou la pensée d'une supériorité de certaines races, de sérieuses divergences subsistent entre scientifiques : la question est de savoir si la « race » a un sens scientifique, s'il faut tout simplement rejeter la notion ou la réinventer selon une acception non raciste. Et selon Jenny Reardon – malgré la distance rhétorique prise avec le terme de « race » – un « concept de race appliqué aux populations » reste globalement au cœur du paradigme de la nouvelle génétique des populations, et le raisonnement par typologies a encore pris dans la seconde moitié du xx^e siècle¹. Qui plus est, de nombreuses études indiquent que la « race » fait son retour dans les sciences durant la dernière décennie du xx^e siècle.

De toute évidence, ce récit classique d'une biologie qui reste structurée autour de la typologisation, sinon de la hiérarchisation des races tout au long du xx^e siècle, est loin d'être fausse. Mais cette histoire du « racisme scientifique » est partielle et partielle, et elle ne donne pas le tableau complet de la recherche sur les variations humaines ou la « nature humaine ». Avant comme après 1945, des chercheurs s'efforcent d'expurger leurs travaux des contaminations politiques ou sociétales, ou de ce qu'ils perçoivent comme telles. Il convient d'étudier dans le détail la façon dont les scientifiques se sont emparés de la question de la variation humaine comme objet épistémique pour comprendre les rôles qu'elle a joués, voir la façon dont elle s'est retrouvée mêlée à des enjeux de pouvoir, et saisir pourquoi la notion de « race », sans cesse controversée, revient toujours aussi régulièrement.

Les scientifiques emploient des termes tels que « variation humaine » et « diversité humaine » dans un sens biologique explicite dès avant 1900. Ils utilisent de façon interchangeable des expressions telles que « variété de l'homme » ou *Mannigfaltigkeit* en allemand (du mot *manifold*, « pluralité »), « diversité raciale », « variation raciale », mais aussi, à la fin du xx^e siècle, « diversité génétique », « variation génétique », « hétérogénéité génétique » ou « variabilité géographique ». On trouve, y compris au xix^e siècle, des chercheurs employant les termes de « diversité » ou de « cline » pour affirmer les multiplicités infinies de l'espèce humaine et s'opposer à l'idée d'une classification étroite entre trois, quatre, cinq, quatorze races ou plus. Nancy Stepan affirme ainsi avec raison que l'histoire des sciences raciales est « l'histoire d'une série d'accommodements successifs de la part de différentes sciences avec les exigences liées à des convictions profondes sur la “naturalité” des inégalités entre races

1. Gannett 2001 (p. 490), Reardon 2004, Gannett et Griesemer 2004, Wade 2002, Farber 2011.

Carl Bruck et la sérologie des populations javanaises

En 1905, Bruck se joint à une mission d'études à Java en compagnie d'Albert Neisser, dermatologue réputé. L'espace colonial où se côtoient Européens et « indigènes » offre un terrain parfait pour de telles recherches. Le jeune médecin délaisse les mesures anthropométriques alors répandues parmi les voyageurs scientifiques de l'époque. Sur la base d'échantillons sanguins, il compare les taux de coagulation entre différents groupes composés d'hommes et d'ânes. Sa méthode s'inspire de la *Komplementbindungsmethode* développée par Neisser et appliquée depuis en médecine légale. Il prélève et analyse des sérums sanguins dont « 7 hollandais, 5 chinois, 6 malaisiens, plus 7 javanais, 1 javanais occidental » et 1 « arabe »¹, ainsi que des sérums de diverses espèces de singes.

Ayant compilé les résultats dans un tableau, Bruck conclut à la possibilité d'établir des distinctions entre les races et d'en comprendre les relations phylogénétiques. La sérologie vient donc justifier et « scientifier » la thèse d'une hiérarchie des races puisqu'il obtient une gradation des profils immunologiques des sérums de races, « des extractions » les plus « basses » aux plus « hautes ». Pourtant, ce travail porte sur un échantillon réduit et ne manque pas d'anomalies questionnant le schème racialisé de Bruck : deux des sept Javanais impliqués ne rentrent pas dans le profil type du groupe et les Javanais apparaissent supérieurs aux Japonais. Et il explique cette anomalie en invoquant l'hypothèse, chez certains Javanais, d'une lignée d'ancêtres hindous particulièrement « pure » et jusque-là méconnue...

1. Bruck 1907 (p. 796).

humaines¹ ». Mais si la « race » est bien le concept dominant des années 1800-1945, et s'il reste sous-jacent après cette date, il n'a jamais été le seul concept employé dans le milieu scientifique pour décrire les différences biologiques censées être héréditaires. Et c'est à redécouvrir ces pratiques épistémiques plus complexes tout au long du xx^e siècle qu'est consacré ce chapitre.

Nouvelles méthodes et lointains horizons : les expéditions scientifiques au début du xx^e siècle

En 1905, un jeune docteur ambitieux du nom de Carl Bruck embarque pour Java afin d'y développer un projet sur les différences de sang existant chez les êtres humains. Tout en restant marquée par le contexte colonial

1. Stepan 1984 (p. 335).

et une typologie raciale, l'enquête de Bruck présente l'intérêt d'avoir appliqué l'approche immunologique, alors l'une des plus innovantes de la recherche médicale. Ses recherches (voir l'encadré « Carl Bruck et la sérologie des populations javanaises », p. 256) illustrent comment, au début du ^{xx}^e siècle et à l'intérieur d'une pensée anthropologique racialisée, de nouveaux aspects de la diversité humaine sont explorés, comment de nouvelles méthodes et de nouveaux objets s'affirment en lien avec l'essor de la sérologie, la biochimie et la génétique.

Méthodes et démarches

Depuis le ^{xviii}^e siècle, la « pluralité » humaine suscite l'intérêt de voyageurs et de savants à la jonction de plusieurs disciplines. À la fin du ^{xix}^e siècle, le cadre se resserre autour des sciences de la vie, et notamment de l'anthropologie médicale. L'étude des variations humaines requiert la connaissance et la maîtrise des méthodes jugées les plus objectives et avancées en la matière : l'anthropométrie et les statistiques. À l'aide de ces techniques, les données s'accumulent rapidement. Partout, dans les écoles, les casernes, les usines, les hôpitaux et les dispensaires coloniaux, on mesure la taille des parties du corps et on détermine les maladies, les couleurs de cheveux, d'yeux et de peau de centaines de milliers d'individus.

Dès le début du ^{xx}^e siècle toutefois, les scientifiques commencent à mobiliser d'autres méthodes pour passer au crible d'autres traits : les fluides corporels, les excréments, les fonctions physiologiques, ainsi que l'anatomie du cerveau, des couches de la peau et des paupières. Elles permettent de comparer des caractéristiques pathologiques telles que la mortalité, l'évolution des maladies, les symptômes, les parasites et les phénomènes biochimiques concomitants. Par ailleurs, la généalogie, les études de jumeaux et la génétique ouvrent d'autres perspectives à l'étude des variations humaines. Dans les années 1920, quand la généalogie médicale et la génétique gagnent en importance, il devient courant de compléter l'anthropométrie par la sérologie, l'établissement d'arbres généalogiques et l'examen des traits pathologiques ou physiologiques de chaque individu.

Groupes et lieux

Alors que les recherches sur la variation humaine se déploient avec l'avancée du colonialisme européen, nombre d'expéditions médicales comme celle de Neisser et Bruck à Java combinent, afin de mieux accéder aux populations, recherche et soins médicaux. La comparaison des

statistiques vitales et médicales d'« indigènes » et d'« Européens » alimente les efforts d'adaptation des colonisateurs aux nouveaux territoires, comme leur gestion des populations colonisées. Les colonies sont aussi un laboratoire idéal où étudier la variation humaine en tant que telle : comme celle-ci semble coïncider avec la géographie, les chercheurs font le tour du globe pour en établir la cartographie, se ménageant un accès aux populations à travers des infrastructures coloniales comme les établissements de soins ou les lieux de travail. Les groupes se prêtant le mieux aux études sont en effet ceux qui sont déjà soumis à un régime politique nouveau – les salariés, les usagers des institutions étatiques, les colonisés ou les minorités brimées par les politiques nationalistes.

Dans la plupart des travaux des médecins coloniaux on trouve des comparaisons entre différents groupes humains, et il n'est pas rare que ces groupes soient définis en termes « raciaux ». La diversité humaine ou la race, sans être la préoccupation centrale de ces études vont cependant apporter des données et des arguments dans d'autres domaines. Ces travaux circulent abondamment et se stabilisent par leur mise en relation avec d'autres études présentant des catégories similaires, qu'il s'agisse de catégories administratives ou de classifications plus intuitives¹.

La montée du racisme dans les sociétés et les milieux politiques européens est l'un des facteurs décisifs de développement des études sur la diversité humaine. De nombreux scientifiques s'affirment explicitement racistes ; d'autres insistent sur le fait que leurs études sont « purement objectives », « strictement empiriques » ou s'appuient sur des « méthodologies avancées ».

D'un pays autoproclamé « civilisé » à l'autre, des styles propres d'étude de la variation humaine se révèlent². Aux États-Unis, l'intérêt pour la couleur est prédominant, tandis qu'en Allemagne l'essentiel de l'attention se concentre sur la comparaison entre les « Allemands », les « Juifs » et les « Slaves ». Les scientifiques suisses se focalisent quant à eux sur les petits villages des Alpes ; les Norvégiens sur les nomades « Sami » ; dans le Pacifique, on scrute les populations insulaires ; en Union soviétique, on s'intéresse aux clines. Dans tous les cas, les populations qu'on estime les plus isolées géographiquement ou socialement sont considérées comme les plus intéressantes, car on pense qu'elles représentent les conditions de peuplement homogène les plus anciennes.

Ainsi, à un niveau très élémentaire, l'idée selon laquelle les différences entre groupes humains résultent de l'isolement, de la distance et

1. AG gegen Rassismus in den Lebenswissenschaften 2009.

2. Voir les divers articles in Linde et Santos 2012.

de mouvements migratoires est au cœur de la pensée de la diversité et des sciences raciales. Et cette approche est portée par des tendances de fond bien antérieures à l'influence des théories de l'évolution. Une lecture essentialiste de l'origine et de la cohérence des groupes se retrouve ainsi dans beaucoup de récits racialistes : les Juifs n'ont-ils pas été connus de tout temps pour leur volonté tenace de rester séparés des *Wirtsvölker*¹ ? Peut-on ignorer l'importance de l'idéologie communautaire endogame dans la Rome antique ? N'est-il pas avéré que les Basques ne se sont mélangés avec aucun autre peuple européen ? De la même façon, les communautés nomades scandinaves semblent bien avoir traversé des phases de dépeuplement, sans avoir jamais reçu d'apports extérieurs. Dans les cas où les différences sont peu visibles (comme en Europe), les histoires de sécession servent bien souvent d'appui narratif pour revendiquer des différences et légitimer les séparations.

Comprendre l'hérédité

La théorisation des différences biologiques comme résultant de longues périodes d'isolement, même si elle est loin d'être nouvelle (l'isolement géographique est par exemple à la base de la théorie darwinienne de l'évolution), est transformée par les nouvelles approches de l'hérédité. Au début du xx^e siècle, la question de savoir si les hommes pouvaient changer d'esprit, de corps, de mentalité à l'échelle d'une vie, ou si une variété de traits héréditaires pouvait rester stable sur de nombreuses générations, est au centre de nombreuses controverses politiques aussi bien que scientifiques. Les défenseurs du néolamarckisme affirment que les traits acquis par un individu peuvent être transmis à sa descendance. Ils s'opposent aux néodarwiniens qui, s'appuyant en particulier sur les thèses d'August Weismann, prétendent que le germoplasme reste stable et intact au gré des transmissions et des générations. Comme l'ont montré Rheinberger et Müller-Wille, les théories de Weismann et de Mendel ont restreint le nombre d'explications disponibles pour appréhender l'hérédité². Tandis que des anthropologues médicaux, des généticiens et de nombreux partisans de l'eugénisme diffusent le néodarwinisme, un nombre considérable de scientifiques issus d'autres domaines comme la paléontologie ou la médecine continuent d'adhérer au néolamarckisme³. Ce dernier perd toutefois de son influence devant la théorie synthétique de l'évolution à partir des années 1940.

1. « Peuples-hôtes ».

2. Müller-Wille et Rheinberger 2012.

3. Löwy et Gaudillière 2012 [2001].

Les scientifiques qui étudient la génétique des variations humaines ou qui l'utilisent de façon systématique afin de mieux comprendre l'hérédité sont généralement néodarwiniens. Certains d'entre eux élaborent des protocoles de recherche similaires aux expériences de croisement de Mendel : ils considèrent deux groupes homogènes considérés comme « purs » et longtemps isolés l'un de l'autre, analysant ensuite le produit de leur « mélange », c'est-à-dire la progéniture de mariages mixtes effectués entre ces deux groupes, sur deux générations. La génération qui en résulte – nommée génération F2 dans la terminologie mendélienne – est censée présenter un phénotype distinct, attaché à un génotype clairement identifié. La logique expérimentale mendélienne est mise en œuvre dans des expériences de génétique animale puis, au début des années 1910, de génétique humaine¹. Elle se systématise au moyen d'enquêtes multi-générationnelles et d'arbres généalogiques tels ceux développés par les généticiens de l'Eugenics Record Office américain.

Ces théories biologiques appliquées à l'histoire des groupes participent de préoccupations concernant la reproduction, les bonnes et les mauvaises alliances, la dégénérescence, et d'autres sujets d'anxiété caractéristiques des projets eugénistes. La diversité est alors attachée à de vastes temporalités : les « races » ou « variétés » sont supposées dotées de caractéristiques biologiques héréditaires stables sur des dizaines de milliers d'années. Elles ne semblent pas pouvoir subir de changements significatifs sur deux ou trois générations à partir du moment – condition essentielle – où il y a absence de mélange avec d'autres groupes.

Diversité animale et diversité végétale dans les sciences de la vie

L'étude de la variation humaine, de la stabilité et du « mélange des races » participe des développements de la génétique et de la biologie de l'évolution². Après Darwin, un intérêt croissant se porte sur la diversité des espèces de plantes, animaux et micro-organismes, leur structure génétique, leur répartition géographique et les différents schémas d'évolution sous-jacents. La notion de diversité qui est présente dans ces travaux offre un cadre de référence aux savoirs sur la diversité humaine du début du xx^e siècle.

Elisabeth Schiemann, spécialiste de la génétique des plantes et opposante

1. Fischer 1913, Davenport et Steggerda 1929, MacCanghey 1919.

2. Müller-Wille et Rheinberger 2008, Anderson 2012.

au régime nazi, propose ainsi, en 1931, une théorie alternative des variations humaines¹. Refusant l'idée que les ancêtres des Européens modernes sont des Aryens venus de l'Inde, elle affirme que la population européenne est issue de groupes humains en provenance de l'ensemble du continent asiatique et d'Afrique, y compris des régions subsahariennes. Schiemann enrichit le spectre des approches de la diversité humaine en utilisant les théories de Nikolai Vavilov à propos de la migration et de l'évolution des plantes². Utilisant des études de chromosomes, Vavilov montre que les espèces végétales sont originaires des lieux où elles présentent la plus grande diversité génétique. En périphérie, la diversité génétique est considérablement inférieure. Cette théorie, connue aujourd'hui sous le nom de « théorie des centres de diversité », renouvelle les façons d'aborder la diversité. Considérée auparavant comme une série classifiable d'entités hiérarchiques, celle-ci devient une structure complexe d'informations à partir de laquelle il s'agit de reconstituer une histoire concrète de descendance et de migrations à travers le temps et l'espace. La théorie de Vavilov est contestée et amendée, y compris par Vavilov lui-même, aboutissant au concept de centre « secondaire » de diversité, ne correspondant pas à un lieu d'origine mais à un lieu où une espèce s'est développée dans des conditions très favorables, après une première migration depuis son centre d'origine.

Après Schiemann, d'autres généticiens issus du végétal ou de l'animal tels Theodosius Dobzhansky et Leslie Clarence Dunn introduisent à leur tour de nouveaux concepts et de nouvelles approches issus de la génétique des populations dans l'étude de la diversité humaine. Leur travail a alors très peu à voir avec celui des chercheurs qui défendent les classifications et typologies raciales.

L'approche anthropométrique et classificatrice des « races » subit d'ailleurs de sérieuses attaques dès le début du xx^e siècle. Le célèbre anthropologue américain Franz Boas passe souvent pour avoir délivré dans les années 1920 la première critique radicale de la science de la race en questionnant notamment la thèse de caractéristiques raciales héréditaires de l'intelligence³. Mais c'est dès le tournant du siècle qu'émergent des critiques, dirigées non seulement contre les théories raciales mais aussi bientôt contre l'eugénisme⁴. Non reconnues par la science institutionnelle, ces voix dissidentes sont toutefois reprises dans certains secteurs de la presse et de l'opinion. Face aux résistances des milieux et revues

1. Schiemann 1931.

2. Vavilov 1926, Bauer 2014.

3. Geisthövel 2013, Lipphardt 2009.

4. Lipphardt 2008.

scientifiques dominants, le médecin et anthropologue russe Samuel Weissenberg adopte une stratégie éditoriale sur deux tableaux : il publie de nombreuses études d'anthropométrie et de généalogie médicale dans des revues scientifiques assurant sa reconnaissance – mais réserve ses critiques virulentes de la science de la race aux revues de vulgarisation¹.

À partir des années 1920, alors que les limites de la notion de « race » pour décrire les variations humaines dans leur complexité font l'objet de critiques grandissantes, un nombre croissant de scientifiques cherchent des alternatives allant du simple remplacement du mot « race » par celui de « sous-espèce » ou « variété », sans changer pour autant le concept ni les classifications, à des critiques invoquant les complexités rencontrées à l'intérieur de larges groupes raciaux comme les Européens, les Asiatiques, les Africains, mais aussi à des critiques radicales s'attaquant à la division même de l'espèce humaine en sous-groupes². Ceux qui rejettent l'approche taxonomique par races de la diversité humaine le font au titre de deux arguments principaux, déjà introduits par des chercheurs comme Herder³ : toute variation se présente en dégradés et non en blocs discrets ; et il est plus de diversité à l'intérieur des groupes qu'entre les groupes.

Malgré la récurrence de ces critiques, l'anthropométrie reste toutefois la technique considérée comme la plus fiable pour étudier les variations humaines durant la première moitié du xx^e siècle. Bien que la complexité de la diversité humaine devienne notoire et manifeste, la plupart des études scientifiques menées dans cette discipline procèdent à une répartition raciale des individus, et sont souvent ouvertement racistes.

Infiniment divers : les transformations des années 1950

Après la Seconde Guerre mondiale, un réseau de scientifiques se tisse autour de généticiens tels que Dobzhansky et Dunn pour aborder la variation humaine sous l'angle de la génétique des populations. La Fondation Rockefeller finance généreusement les premières recherches, conduites à grand renfort de missions d'étude et de conférences internationales⁴. Des institutions spécialisées nouvelles apparaissent, telles que

1. Weissenberg 1927.

2. Voir les vives critiques de Friedrich Hertz, Jean Finot, Samuel Weissenberg, Hans Friedenthal, Max Marcuse, Hugo Iltis.

3. Herder 2000 [éd. originale en 1784-1791] (p. 23 et 26).

4. Osborn 1954, Cold Spring Harbor Symposia 1955.

l'Institut pour l'étude de la variation humaine, à l'université Columbia, dirigé par Dunn et Dobzhansky.

À Bombay, un Laboratoire d'étude de la variation humaine est fondé par L.D. Sanghvi, un Indien qui a fait sa thèse sous la direction de Dunn et qui est l'un des premiers chercheurs à faire de l'analyse systématique en génétique des populations. Doté d'une poignée de marqueurs génétiques, Sanghvi effectue des prélèvements sanguins et des tests de daltonisme ou de sensibilité au PTC (phénylthiocarbamide). Ayant réalisé une série de mesures anthropométriques afin d'évaluer les mérites respectifs des différentes méthodes, Sanghvi affirme que « la population indienne est infiniment diverse¹ ». Selon lui, l'Inde et ses classifications raciales anciennes font fausse route en prétendant répartir les Indiens en un petit nombre de races. Il prétend au contraire que, « pour toute étude de la distribution des caractères génétiques de la population indienne, les seules unités raciales pertinentes sont les groupes endogames² ». Selon Sanghvi, deux castes indiennes présentent autant de différences génétiques entre elles qu'on en observe entre des Noirs et des Blancs américains. Ainsi, le système de castes constitue pour lui un dispositif d'isolement et de diversité humaine. Loin de pointer dans ses travaux les dominations liées à ce système et leur consolidation sous le régime colonial, Sanghvi illustre un cas où la critique de l'approche raciale s'accompagne de l'approbation d'autres formes d'exclusion sociale, celle des castes.

À l'instar de Sanghvi, les généticiens parcourent aussi l'Australie, l'Alaska, l'Afrique, les îles du Pacifique, les pays d'Amérique du Sud et d'autres endroits « reculés » pour étudier des populations isolées. Aucune des publications en génétique ne fait cependant allusion à l'oppression subie par ces populations, ni à la façon dont elle a pu jouer un rôle dans leur isolement par le biais d'interventions administratives ou sanitaires. Aucune de ces populations n'est véritablement étudiée pour la première fois et elles ont déjà été l'objet des savoirs-pouvoirs de la race. Si les relations entre les chercheurs et les sujets de ces expériences changent avec les décolonisations durant les années 1960, et plus tard à l'occasion du Human Genome Diversity Project, les groupes isolés demeurent l'objet privilégié des études³.

La transition méthodologique de l'anthropométrie, discréditée par la biologie raciale allemande, à la génétique dans l'étude de la variation

1. Sanghvi et Khanolkar 1950 (p. 53).

2. *Ibid.* (p. 52-53 et 62).

3. Dans le même temps, sous l'égide de l'OMS, les anthropologues investissent un nouveau paradigme unificateur des sciences naturelles et humaines à travers l'étude des « peuples primitifs ». Cf. Radin 2014. L'anthropologie culturelle des années 1960 adhère d'ailleurs généralement aux présupposés théoriques sous-jacents à l'accent sur les « populations isolées » et aux objets « peuples primitifs », « isolats primitifs » ou « populations primitives » : cf. Thompson 1967, OMS 1964.

humaine n'est pas immédiate après guerre. La génétique des populations, au prestige croissant de par son approche formelle et mathématique, étend peu à peu aux humains les approches d'abord développées sur les mouches et les poulets. La génétique des groupes sanguins pratiquée depuis les années 1920 apparaît comme particulièrement prometteuse dans l'appréhension par la génétique de la variation humaine. Bien que la distribution géographique des allèles des groupes sanguins suggère des schémas de variation humaine différents de ceux dégagés par l'anthropométrie, les résultats continuent d'être formulés selon les classifications raciales pendant plusieurs décennies encore. Cela étant, en tant que premier marqueur génétique stable, transmis selon un mécanisme génétique mendélien bien connu, distinct des traits morphologiques et non corrélé à des jugements hiérarchiques, le groupe sanguin promet d'apporter des informations « neutres » dans le domaine hautement controversé de la variation humaine. La répartition géographique ou le caractère apparemment héréditaire de certaines prédispositions aux maladies ou caractéristiques immunitaires apportent d'autres marqueurs¹. À chaque fois qu'est mise au jour une différence génétique d'intérêt médical – comme la capacité de déceler par le goût la présence de certaines substances chimiques telles que le PTC –, les scientifiques entreprennent d'explorer la variabilité des groupes humains par rapport à cet aspect. Objet épistémique, la « diversité humaine » est aussi un objet technique instrumentalisé par la génétique médicale mobilisant des groupes humains déjà bien balisés à des fins de contrôle ou de comparaison.

L'établissement de tels marqueurs génétiques, la nouvelle théorie synthétique de l'évolution, sans oublier le mouvement antiraciste dans les sciences de la vie d'après guerre, transforment ainsi peu à peu mais profondément les ordres du jour, méthodes de recherche, pratiques et modes de collaboration dans la discipline.

*Diversité et populations : glissements terminologiques
à l'ère de l'après-guerre*

L'expression « diversité humaine » occupe une place prépondérante après la Seconde Guerre mondiale. Elle permet de contrer explicitement les approches en termes de « races » et reflète le passage des typologies raciales à la génétique des populations². Les scientifiques l'utilisent alors

1. Mendelsohn 2001.

2. Müller-Wille et Rheinberger 2008.

dans leurs pamphlets contre les nazis et la science de la race. Certains essaient de remplacer complètement l'usage du terme de « race » par celui de « groupe ethnique », « population », « isolat génétique », « population mendélienne », « communauté endogame » ou encore « isolat¹ ». Le succès de l'opération reste limité tant le mot de « race » est répandu dans l'espace public et structure encore l'appréhension commune des différences humaines et la singularité des groupes humains. Toutefois, la formule de « diversité humaine » se répand. Au milieu des années 1960, l'expression est d'usage courant dans la génétique humaine et l'anthropologie physique, et il va sans dire qu'elle renvoie à la diversité *génétique* humaine².

Pour les chercheurs, une population restée isolée durant plusieurs siècles doit alors être génétiquement distincte d'autres populations, en raison des mutations, de la dérive génétique, de la sélection et de l'endogamie. On s'oriente vers une compréhension plus dynamique de l'évolution humaine, notamment du fait que les changements génétiques renvoient à des durées plus courtes que l'ancien paradigme d'évolution des races³. Cependant, on pense toujours que les groupes humains sont apparus quelque part, ont migré ensuite ailleurs et se sont reproduits « de façon isolée » pendant un long moment. La notion d'isolement est ici plus que théorique : elle aide à constituer les échantillons et à trouver des populations aux limites bien définies. Ces concepts d'origine, de migration, d'isolement ou de mélange génétiques restent globalement assez similaires aux vieux concepts attachés à la race.

Les clines

La polémique qui oppose en 1962 l'anthropologue Frank Livingstone et le généticien Theodosius Dobzhansky marque une rupture avec l'approche isolationniste. Livingstone affirme qu'« une minorité croissante de biologistes » détient d'excellents arguments « pour arrêter d'utiliser le concept de race au sujet des populations actuelles d'*Homo sapiens*⁴ ». Et de préciser :

Une telle position ne suppose pas l'absence de variabilité biologique entre les populations d'organismes de même espèce. Il s'agit seulement de dire que la variabilité ne se conforme pas à des compartiments isolés étiquetés sous

1. Montagu 1947, Gannett 2001, Lipphardt 2012.

2. Mather 1962 et 1964, Lewontin 1953, Dobzhansky 1973.

3. Certains auteurs pensaient que quelques centaines d'années suffisaient à produire des divergences marquées chez un isolat génétique humain ; cf. Sanghvi et Khanolkar 1950 (p. 62).

4. Livingstone 1962 (p. 279).

le nom de différentes races. En d'autres mots, on peut dire qu'il n'y a pas de races, mais seulement des clines¹.

Des idées semblables avaient été exposées plus de cent cinquante ans auparavant, mais le propos de Livingstone apparaît comme neuf. À la même époque, l'anthropologue physique belge Jean Hiernaux tente d'établir une taxonomie numérique comme alternative à la classification raciale – alors que les colonies africaines où il a séjourné pour collecter ses données s'acheminent vers l'indépendance². Les deux concepts développés par Hiernaux et Livingstone continuent d'envisager la variation humaine comme distribuée géographiquement et transmise de façon génétique, abandonnant cependant les notions de « race » ou d'« isolat ». Si même la notion de « population mendélienne » avait fonctionné de façon voisine de la race, le « cline » sort de ce cadre tout en cherchant à décrire des différences de même type. Pour reprendre les mots de Livingstone :

Si l'un des enjeux principaux de l'anthropologie physique est d'expliquer la variabilité génétique – et je pense que c'est le cas –, il existe cependant des méthodes qui n'utilisent pas le concept de race pour décrire et expliquer la variabilité. Celle-ci peut aussi être décrite en termes de cline et de morphisme (Huxley 1955)³.

Toutefois, les clines ne se prêtent pas facilement à la recherche, et ne font pas écho à des lieux communs politiques, comme c'était le cas pour les groupes humains isolés. À partir de la fin des années 1960, on observe dans les champs de l'anthropologie physique et de la génétique des populations un déclin marqué de l'intérêt pour les questions « raciales », alors que d'autres aspects de la diversité génétique prennent de l'importance. Le célèbre généticien Cavalli-Sforza observera plus tard que, à chaque fois qu'une innovation technologique se produit – que ce soit avec l'analyse des groupes sanguins, les protéines dans les années 1960, ou enfin l'ADN dans les années 1980 –, les scientifiques sont surpris de découvrir des variations humaines toujours plus nombreuses :

On eut un premier aperçu de l'ampleur stupéfiante de la variation génétique assez tard – au début des années 1950 – qui se mua en une vue plus complète dans les années 1960, quand on fut en mesure d'étudier de façon systématique les différences individuelles de protéines. [Cependant,] ce n'est que

1. *Ibid.*

2. *Ibid.*, Hiernaux 1964.

3. Livingstone 1962 (p. 279).

quand les analyses purent être conduites au niveau du matériau de l'hérédité lui-même, l'ADN, que la variation génétique individuelle commença à révéler toute son étendue¹.

L'article retentissant de Richard Lewontin, « La répartition de la diversité humaine » (1972), vient apporter une base à partir de laquelle se développe une conceptualisation nouvelle et particulièrement fructueuse de la diversité humaine². Néanmoins, le mot de « diversité » ayant fini par désigner dans les années 1980 toutes sortes de différences entre êtres humains, les généticiens commencent alors à lui adjoindre l'adjectif « génétique ». Aujourd'hui, la diversité humaine recouvre une multiplicité de différences – que ce soit de sexe, d'ethnie, d'âge ou de classe sociale. Elle est devenue une cible privilégiée des politiques en matière d'emploi ou de discrimination positive et fait généralement l'objet d'une gestion particulière dans les institutions.

Depuis la contribution de Lewontin, les généticiens, philosophes et chercheurs en sciences sociales n'ont pas cessé, et ce particulièrement durant la dernière décennie, de débattre du statut de la *diversité génétique humaine*, cherchant à savoir s'il fallait ou non l'interpréter comme ressortissant à la même logique que la classification raciale de sens commun.

Conclusion

En dépit de toutes les complexités identifiées par la génétique, les chercheurs du domaine « sciences, technologie et société » ont démontré que l'état de la recherche en diversité humaine, à la fin du xx^e siècle, a conservé certains des aspects antérieurs de la science de la race. Les groupes et les logiques qui leur sont rattachés n'ont guère changé, même si l'on ne trouve plus trace des éléments qui étaient les plus discriminants ou les plus compromettants sur le plan politique. Avec l'histoire génétique se développe, sous des dehors politiquement corrects, un récit de l'histoire des groupes comme récit de leur isolement social. Les études génétiques récentes sur Rome, par exemple, reprennent les vieux épisodes de l'origine, de la migration, de la dispersion, de l'isolement et de l'idéologie endogame. Par ailleurs, les études génétiques de portée continentale ou mondiale se basent encore sur les mêmes vieilles catégories d'Européens, d'Africains, d'Asiatiques et ainsi de suite. Les travaux menés

1. Cavalli-Sforza *et al.* 1994 (p. 3), Reardon 2004.

2. Marks 1995.

par Cavalli-Sforza des années 1960 à nos jours en sont une bonne illustration, et tout particulièrement ceux sur le Human Genome Diversity Project qui ont fait de lui le spécialiste le plus reconnu de la diversité humaine et de sa répartition géographique. Le HapMap Project en est un autre bon exemple¹.

Pourquoi la génétique des populations humaines égrène-t-elle encore et toujours dans ses conclusions les mêmes catégories ? On peut reformuler la question d'un point de vue narratologique : comment se fait-il que les histoires de certains groupes puissent circuler si facilement entre la science et le grand public, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres ? Les généticiens affirment que leur logiciel ne présente aucun biais et que ces catégories reviennent sans arrêt pour la simple et bonne raison qu'elles sont inscrites dans la structure même de la variation humaine à l'échelle mondiale². Selon leurs détracteurs, la répétition démontre seulement que les mêmes biais sont à l'œuvre, et qu'ils sont tout aussi forts dans la science que dans la société.

Il convient de souligner le caractère extrêmement arbitraire, du point de vue historique et socio-anthropologique, du choix du groupe à étudier et du processus d'échantillonnage. Les scientifiques se sont largement concentrés sur certains groupes qu'ils trouvaient particulièrement intéressants, ils les ont réifiés par leur travail et ont continué de présenter leurs résultats en perpétuant une même logique. Les schémas narratifs semblent avoir constamment voyagé entre « science » et « grand public » et trouvé des deux côtés des terrains dans lesquels s'implanter. Ainsi, s'ils paraissent plausibles, c'est parce qu'ils font écho à des refrains déjà entendus et gardés en mémoire. La façon dont les classifications scientifiques de l'espèce humaine s'accordent avec ce qu'en pense le sens commun peut être matière à soupçons – et on peut en dire autant des rapports suspects qu'entretiennent les catégories de la science ou du bon sens avec celles en usage dans l'administration. De telles catégories ont aidé à structurer le travail de millions d'aides-soignants, de fonctionnaires et d'éducateurs ; elles ont contribué à faciliter l'accès aux soins différenciés, aux privilèges, au logement, à la nourriture, à l'électricité, à l'eau, à la scolarité, aux postes d'influence, aux tribunaux, à la protection policière. Or ce ne sont pas de nouvelles classifications dont nous aurions besoin. Comme le montre l'exemple donné par Sanghvi, remplacer la classification par races par une classification par castes revient à faire apparaître de nouvelles divisions problématiques. Tant qu'elle se traduit par une classification,

1. Reardon 2004 ; sur le HapMap Project, voir Fujimura et Rajagopalan 2012.

2. Jobling 2012.

toute schématisation de la diversité génétique humaine fige les humains dans le temps, dans l'espace, ainsi que dans un ordre naturel et social.

Ce chapitre s'est fixé pour but de remettre l'histoire de la science de la race (et de la race dans la science) dans le contexte d'une histoire plus large, celle des efforts qu'ont faits les scientifiques pour comprendre la diversité humaine. Ce n'est qu'à partir d'un tel discours que la position spécifique de la « race », comparée et reliée à d'autres approches de la diversité, acquiert une visibilité. Mais ces autres façons de parler de la diversité humaine devraient aussi faire l'objet d'une attention politique et être regardées du même œil critique que le concept de « race » lui-même. Les expressions de « diversité humaine » et de « variation humaine » n'ont peut-être pas circulé autant dans les sphères politiques et sociales que la « race », et leurs occurrences présentent en comparaison un aspect assez innocent, inoffensif, voire positif. Mais comme pour la « race », malgré tous les efforts de nettoyage déployés par certains, l'apparition de la « diversité humaine » dans les contextes scientifiques, politiques et sociétaux signifie que les tensions ne sont jamais bien loin, présentes et palpables à l'envers d'une neutralité de façade.

La variation humaine a rempli de nombreuses fonctions instrumentales et pragmatiques dans les projets et publications académiques. Elle a rendu de fiers services épistémiques aux scientifiques – différents mais non incompatibles avec la fonction idéologique qu'elle a exercée pour la classe politique. En tous les cas, il ne fait aucun doute que les scientifiques qui ont étudié la variation humaine ou qui l'ont utilisée comme un instrument de connaissance défendent des positions politiques et qu'ils sont profondément marqués par les discours biopolitiques dans leur ensemble.

Ann Stoler a insisté sur la nécessité qu'il y a à réfléchir aux motivations qui sont les nôtres lorsque nous choisissons de raconter telle ou telle histoire de la race¹. Je ne prétends pas pour ma part que ce chapitre raconte la seule histoire possible de la compréhension de la variation humaine et de son interprétation comme « race ». De fait, les ramifications de cette histoire sont si nombreuses et complexes que nous avons probablement besoin d'une pluralité de récits pour rendre compte de cette complexité. Cependant, il me semble que mettre en avant la dimension épistémologique de l'étude de la variation humaine aide à mieux mettre en lumière des aspects jusqu'alors restés dans l'ombre : le danger que représente, en plus de l'eugénisme et du racisme, le fait de prendre l'isolement des groupes humains pour acquis ; celui qu'il y a à recourir continuellement,

1. Stoler 2002, Fearnley 2009.

dans les travaux génétiques, à certaines catégories sans se soucier de savoir si elles sont basées sur des concepts de race ou de population ; enfin, la façon dont des discours répandus au sujet de certains groupes conjugués aux découvertes génétiques fait aujourd'hui encore le lit de l'essentialisme. Tout cela permet aussi de comprendre pourquoi les sciences de la variation humaine alimentent de fait les discours de la « race » au lieu de les combattre. Ce n'est pas que les scientifiques soient nécessairement racistes. Il s'agit plutôt de dire que les différences qu'ils emploient comme si elles faisaient partie d'une pratique scientifique acceptée sont culturellement et socialement codées comme raciales. Ce qui rend bien plus difficile en retour, pour tout le monde et y compris pour les scientifiques, le combat contre le racisme, le biologisme et le déterminisme.

Traduit par Clara Breteau

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AG GEGEN RASSISMUS IN DEN LEBENSWISSENSCHAFTEN, 2009, *Gemachte Differenz: Kontinuitäten biologischer « Rasse »-Konzepte*, vol. 1, Münster, Unrast-Verlag.
- ANDERSON Warwick, 2012, « Hybridity, Race, and Science: The Voyage of the *Zaca* (1934-1935) », *Isis*, vol. 103, p. 229-253.
- BARKAN Elazar, 1992, *The Retreat of Scientific Racism: Changing Concepts of Race in Britain and the United States between the World Wars*, Cambridge, Cambridge University Press.
- BAUER Susanne, 2014, « Virtual Geographies of Belonging: The Case of Soviet and Post-Soviet Human Genetic Diversity Research », *Science, Technology and Human Values*, vol. 39, n° 4, p. 511-537.
- BRUCK Carl, 1907, « Die biologische Differenzierung von Affenarten und menschlichen Rassen durch spezifische Blutreaktion », *Berliner Klinische Wochenschrift*, vol. 44, n° 26, p. 793-797.
- CAVALLI-SFORZA Luigi Luca, MENOZZI Paolo et PIAZZA Alberto, 1994, *The History and Geography of Human Genes*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- COLD SPRING HARBOR SYMPOSIA, 1955, *Population Genetics: The Nature and Causes of Genetic Variability in Populations*, New York, Biological Laboratory, coll. « Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology », n° 20.
- DAVENPORT Charles B. et STEGGERDA Morris, 1929, *Race Crossing in Jamaica*, Washington (DC), Carnegie Institution.
- DOBZHANSKY Theodosius Grigorievich, 1973, *Genetic Diversity and Human Equality*, New York, Basic Books.
- FARBER Paul Lawrence, 2011, *Mixing Races: From Scientific Racism to Modern Evolutionary Ideas*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- FEARNLEY Andrew M., 2009, « How Historians' Beliefs about Race Have Influenced Histories of Racial Thought », *Reviews in American History*, vol. 37, n° 3, p. 386-394.
- FISCHER Eugen, 1913, *Die Rehobother Bastards und das Bastardierungsproblem beim Menschen*, Iéna, Gustav Fischer.
- FLECK Ludwik, 1980, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*.

- Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*, Francfort-sur-le-Main, Suhrkamp, 9^e éd.
- FUJIMURA Joan et RAJAGOPALAN Ramya, 2012, « Making History via DNA, Making DNA from History: Deconstructing the Race-Disease Connection in Admixture Mapping », in Keith WAILOO, Catherine LEE et Alondra NELSON (dir.), *Genetics and the Unsettled Past: The Collision between DNA, Race, and History*, New Brunswick (NJ), Rutgers University Press.
- GANNETT Lisa, 2001, « Racism and Human Genome Diversity Research: The Ethical Limits of "Population Thinking" », *Philosophy of Science*, vol. 68, n° 3, p. 479-492.
- GANNETT Lisa et GRIESEMER James, 2004, « The ABO Blood Groups: Mapping the History and Geography of Genes in *Homo sapiens* », in Hans-Jörg RHEINBERGER et Jean-Paul GAUDILLIÈRE (dir.), *Classical Genetic Research and Its Legacy: The Mapping Cultures of Twentieth-Century Genetics*, Londres, Routledge, p. 119-172.
- GEISTHÖVEL Alexa, 2013, *Intelligenz und Rasse. Franz Boas' psychologischer Antirassismus zwischen Amerika und Deutschland (1910-1942)*, Bielefeld, Transcript Verlag.
- GISSIS Snait B., 2008, « When Is "Race" a Race ? (1946-2003) », *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 39, n° 4, p. 437-450.
- HERDER Johann Gottfried von, 2000, « Ideas on the Philosophy of the History of Humankind », in Robert BERNASCONI et Tommy L. LOTT (dir.), *The Idea of Race*, Indianapolis (IN), Hackett, p. 23-26.
- HERSKOVITS Melville, 1927, « Variability and Racial Mixture », *The American Naturalist*, vol. 61, n° 672, p. 68-81.
- HIERNAUX Jean, 1964, « The Concept of Race and the Taxonomy of Mankind », in Ashley MONTAGU (dir.), *The Concept of Race*, Londres, Free Press Glencoe, p. 29-45.
- JACKSON John P. et WEIDMAN Nadine M., 2004, *Race, Racism, and Science: Social Impact and Interaction*, Santa Barbara (CA), ABC-CLIO.
- JOBLING Mark A., 2012, « The Impact of Recent Events on Human Genetic Diversity », *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 367, p. 793-799.
- KAUPEN-HAAS Heidrun et SALLER Christian (dir.), 1999, *Wissenschaftlicher Rassismus. Analysen einer Kontinuität in den Human- und Naturwissenschaften*, Francfort-sur-le-Main, Campus.
- KENAN Malik, 1996, *The Meaning of Race: Race, History and Culture in Western Society*, Basingstoke, Macmillan.
- KOHN Marek, 1995, *The Race Gallery: The Return of Racial Science*, Londres, Cape.
- LEWONTIN Richard C., 1953, « The Effect of Compensation on Populations Subject to Natural Selection », *The American Naturalist*, vol. 87, n° 837, décembre, p. 375-381.
- LINDEE Susan et SANTOS Ricardo Ventura (dir.), 2012, numéro spécial de *Current Anthropology*, vol. 53, n° 5, avril.
- LIPPHARDT Veronika, 2008, *Biologie der Juden. Jüdische Wissenschaftler über « Rasse » und Vererbung (1900-1935)*, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht.
- 2009, « "Investigation of Biological Changes". Franz Boas in Kooperation mit deutsch-jüdischen Anthropologen (1929-1940) », in Hans-Walter SCHMUHL (dir.), *Kulturrelativismus und Antirassismus. Der Anthropologe Franz Boas (1858-1942)*, Bielefeld, Transcript Verlag, p. 163-186.
 - 2012, « Isolates and Crosses: Human Evolution and Population Genetics in the Mid-Twentieth Century », *Current Anthropology*, vol. 53, suppl. n° 5, p. 69-82.

- LIVINGSTONE Frank B., 1962, «On the Non-Existence of Human Races», *Current Anthropology*, vol. 3, n° 3, juin, p. 279-281.
- LÓPEZ-BELTRÁN Carlos, 1994, «Forging Heredity: From Metaphor to Cause, a Reification Story», *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 25, p. 211-235.
- LÖWY Ilana et GAUDILLIÈRE Jean-Paul, 2012 [2001], *Heredity and Infection: The History of Disease Transmission*, Londres, Routledge.
- MACCANGHEY Vaughan, 1919, «Race Mixture in Hawaii», *Journal of Heredity*, n° 10, p. 41-47.
- MARKS Jonathan, 1995, *Human Biodiversity: Genes, Race, and History*, *Foundations of Human Behavior*, New York, Aldine de Gruyter.
- MATHER Kenneth, 1962, «Biometrical Genetics of Man», in *The Use of Vital and Health Statistics for Genetic and Radiation Studies: Proceedings of the Seminar Sponsored by the United Nations and the World Health Organization (Geneva 5-9 September 1960)*, New York, Nations unies, p. 235-239.
- 1964, *Human Diversity: The Nature and Significance of Differences among Men*, Édimbourg, Oliver & Boyd.
- MENDELSON Andrew, 2001, «Medicine and the Making of Bodily Inequality in Twentieth-Century Europe», in Jean-Paul GAUDILLIÈRE et Ilana LÖWY, *Heredity and Infection: The History of Disease Transmission*, Londres, Routledge, p. 21-79.
- MONTAGU Ashley, 1947, *Man's Most Dangerous Myth: The Fallacy of Race*, New York, Columbia University Press.
- MÜLLER-WILLE Staffan et RHEINBERGER Hans-Jörg, 2008, «Race and Genomics: Old Wine in New Bottles?», *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin*, vol. 16, n° 3, p. 363-386.
- 2012, *A Cultural History of Heredity*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- OMS, 1964, *Research in Population Genetics of Primitive Groups*, Report of a WHO Scientific Group, vol. 279, Genève.
- OSBORN Frederick, 1954, «The Origin and Evolution of Man: Cold Spring Harbor Symposium 1950», *Eugenics Quarterly*, vol. 1, n° 1, p. 67-70.
- RADIN Joanna, 2014, «Unfolding Epidemiological Stories: How the WHO Made Frozen Blood into a Flexible Resource for the Future», *Studies in History and Philosophy of the Life Sciences*, vol. 47, p. 62-73.
- REARDON Jenny, 2004, *Race to the Finish: Identity and Governance in an Age of Genomics*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- SANGHVI L.D. et KHANOLKAR V.R., 1950, «Data Relating to Seven Genetical Characters in Six Endogamous Groups in Bombay», *Annals of Eugenics*, vol. 15, n° 51, p. 52-76.
- SCHIEHMANN Elisabeth, 1931, «Beziehungen zwischen der Stammesgeschichte der Menschen und der Kulturpflanzen», *Jahrbuch des Naturwissenschaftlichen Vereins für die Neumark in Landsberg*, n° 3, p. 5-15.
- STEPAN Nancy L., 1984, *The Idea of Race in Science: Great Britain (1800-1960)*, Basingstoke, Macmillan.
- STOCKING George W. (dir.), 1988, *Bones, Bodies, Behaviour: Essays on Biological Anthropology*, Wisconsin (WI), University of Wisconsin Press.
- STOLER Ann Laura, 2002, «Reflections on "Racial Histories and Their Regimes of Truth"», in Philomena ESSED et David Theo GOLDBERG, *Race Critical Theories: Text and Context*, Malden (MA), Blackwell, p. 417-421.
- THOMPSON Laura, 1967, «Steps toward a Unified Anthropology», *Current Anthropology*, vol. 8, n°s 1-2, p. 67-91.

- TUCKER William H., 2002, *The Funding of Scientific Racism: Wickliffe Draper and the Pioneer Fund*, Urbana (IL), University of Illinois Press.
- VAVILOV Nikolai I., 1926, *Studies on the Origin of Cultivated Plants*, Leningrad, Institut de botanique appliquée.
- WADE Peter, 2002, *Race, Nature and Culture: An Anthropological Perspective*, Londres, Pluto Press.
- WEISSENBERG Samuel, 1927, «Die gegenwärtigen Aufgaben der jüdischen Demographie», *Zeitschrift für Demographie und Statistik der Juden*, n° 4, p. 402-418.



13 L'écologie. Connaître et gouverner la nature

YANNICK MAHRANE

Dès le milieu du XIX^e siècle, sous l'effet conjugué de l'essor du capitalisme industriel et de l'expansion territoriale des puissances européennes et états-unienne, des dégradations matérielles de l'environnement se font jour en Europe, en Amérique et dans les empires coloniaux. S'ouvre alors une séquence d'alertes environnementales portées par des diplomates, géographes, naturalistes et forestiers. Dans un contexte où l'approvisionnement régulier en bois devient central au développement et à la stabilité des économies, les élites du moment dénoncent, aux États-Unis et dans les colonies britanniques, françaises et néerlandaises, les effets de l'exploitation intensive du couvert forestier sur la modification des climats et la réduction des précipitations¹. En Grande-Bretagne, le développement du machinisme, des bateaux à vapeur, l'extension des réseaux de chemin de fer et des voies de communication font craindre aux autorités une déplétion inexorable des ressources en charbon². À la suite de nombreux voyages passés dans diverses contrées de l'Ancien et du Nouveau Monde et du Proche-Orient, le diplomate américain George P. Marsh alerte en 1864 de la transformation irréversible de la planète par l'agir humain technique et industriel³. Ces préoccupations environnementales sont également partagées en Europe par les géographes tels Élisée Reclus en France et Ernst Friedrich en Allemagne⁴. Loin d'être marginales, ces critiques de l'agir anthropocénique gagnent même du terrain entre le dernier quart du XIX^e siècle et le début du XX^e, comme l'ont souligné les historiens de l'environnement⁵.

1. Starr 1866.

2. Madureira 2012.

3. Marsh 1864.

4. Reclus 1864, Raumolin 1984.

5. Bonneuil et Fressoz 2013 (p. 120).

◀ Essai de radiomarquage dans une parcelle en plein champ située dans la réserve nucléaire d'Oak Ridge, sous la supervision d'Eugene P. Odum (debout à droite), été 1962.

C'est dans cette période où les limites environnementales à l'industrialisation et à la modernisation économique et agricole deviennent de plus en plus perceptibles et où les sociétés occidentales interrogent de manière croissante les effets de leur modèle d'occupation agricole sur les environnements nouvellement conquis que le vocable d'« écologie », défini comme « science des relations de l'organisme avec son environnement », apparaît, en 1866, sous la plume du biologiste Ernst Haeckel.

Ce chapitre propose d'aborder l'évolution et les transformations de l'écologie mondiale à travers la description de trois régimes de production de savoir-pouvoir correspondant à trois périodes courant de la fin du XIX^e siècle à aujourd'hui. Il s'attache à décrire les contextes économique, social, culturel et politique dans lesquels l'écologie et ses sous-disciplines se sont forgées et en quoi ces savoirs contribuent en retour à définir des champs d'expertise et d'action publique en matière de gestion de la nature. Chacun de ces régimes se caractérise par un mode d'articulation particulier entre une certaine manière de voir et de gouverner le vivant en recourant à des ontologies et métaphores spécifiques, des pratiques expérimentales et des dispositifs instrumentaux, des formes de coopération et d'organisation institutionnelle de la recherche, des ordres de justification et des formes d'action collective, et enfin la prédominance d'une culture épistémique sur d'autres¹.

De la fin du XIX^e siècle à la fin de la Seconde Guerre mondiale, dans le cadre de la formation et modernisation des États-nations et de l'expansion des puissances impériales, se développe une écologie végétale caractérisée par une ontologie organiciste, organisée autour de jardins botaniques, de stations agricoles expérimentales et d'institutions d'enseignement agricole supérieur. Fondée sur une culture épistémique de la physiologie expérimentale et de la phytogéographie, celle-ci vise à accroître le contrôle étatique des territoires et des ressources par les administrations et à encadrer scientifiquement les pratiques agricoles.

De 1945 au milieu des années 1970 s'affirme, dans un contexte de guerre froide et d'un nouveau régime d'accumulation fordiste, une « nouvelle écologie » plus formelle et mathématisée, administrée selon un modèle de *big science* et institutionnalisée dans les laboratoires nationaux du complexe militaro-industriel. Celle-ci est dominée par une culture épistémique de l'ingénierie, et des pratiques expérimentales centrées sur l'usage de radiotraceurs et la modélisation informatique. Fondée sur une ontologie mécaniciste et cybernétique de la nature et articulée à une promesse

1. Pestre 2003 (p. 34).

d'optimisation et de gestion, cette écologie vise à répondre aux besoins croissants en ressources naturelles des économies.

Enfin, du milieu des années 1970 à aujourd'hui, les sciences écologiques entrent dans un régime « néolibéral et postfordiste » caractérisé par une ontologie réticulaire et économique du vivant et dans lequel les « systèmes socioécologiques » et les « services écosystémiques » deviennent les unités fondamentales d'analyse et d'action. Cette nouvelle ontologie du vivant s'articule à la promotion d'une « gestion adaptative », d'une décentralisation et d'une flexibilisation des institutions, d'une évaluation économique des « services » rendus par la nature et de la mise en place d'incitations économiques ; un rôle prédominant est par ailleurs donné à l'interdisciplinarité et aux partenariats public-privé.

L'émergence de l'écologie en Europe et aux États-Unis, fin XIX^e-milieu XX^e siècle

L'essor de l'écologie au service des puissances impériales européennes

De la fin du XVII^e à la seconde moitié du XIX^e siècle, l'expansion des puissances impériales européennes s'accompagne d'un mouvement d'inventaire, de systématisation des pratiques de transfert, de mobilisation et d'acclimatation des ressources végétales de la planète entière, associés étroitement au développement d'un réseau de jardins botaniques dans les colonies, redessinant profondément la carte agricole du monde et favorisant l'institutionnalisation et la professionnalisation de la botanique au sein de l'histoire naturelle¹.

Cependant, dans le dernier quart du XIX^e siècle, dans un contexte marqué par un déclin économique des systèmes de plantation monoculturelle et une volonté administrative de diversifier et de rationaliser scientifiquement la production agricole dans les colonies, l'inventaire botanique perd de son importance et les jardins botaniques se voient contraints de réorienter leurs activités vers la production de recherche expérimentale et de conseil agricole. Cette réorientation se traduit par la création de stations de recherche botanique favorisant l'essor de nouvelles disciplines scientifiques – telles que l'écologie – fondées sur les méthodes expérimentales et de laboratoire visant à développer l'agriculture tropicale².

Parmi elles, le jardin de botanique de Buitenzorg dans les Indes

1. Bonneuil et Bourguet 1999 (p. 21-28).

2. Headrick 1988 (p. 215).

néerlandaises, financé par des organisations de planteurs, devient le point de séjour d'une nouvelle génération de botanistes spécialisée en physiologie végétale et formée aux méthodes de laboratoire. Leurs observations de la richesse taxinomique et de la variété des conditions environnementales de croissance des plantes de la nature tropicale les incitent à étendre leur cadre d'analyse expérimentale à l'étude des processus d'adaptation et des structures physiologiques des plantes dans leur environnement naturel¹. Suite aux expéditions dans les régions de Lagoa Santa au Brésil, aux Indes occidentales et au Groenland, Eugenius Warming (1841-1924), professeur et directeur du jardin botanique de Copenhague, formalise une géographie botanique écologique fondée sur les méthodes de la morphologie végétale et de la botanique systématique. Ce nouveau savoir vise à décrire la distribution géographique des plantes selon l'adaptation de la physionomie et de la croissance des communautés végétales à leurs conditions environnantes telles que l'eau, la lumière, la température, etc. Assignant à la géographie botanique la tâche centrale d'enquêter sur « les problèmes concernant l'économie des plantes, les demandes qu'elles exercent sur leur environnement, et les moyens qu'elles emploient pour utiliser leurs conditions environnantes et adapter leur structure interne et externe et leur forme générale² », cette mise en ordre de la nature reposant sur une métaphore « économique » permet à Warming de légitimer la géographie botanique comme un outil d'extension du contrôle impérial danois sur les ressources des régions étrangères³.

Si la première société savante d'écologie (la British Ecological Society) voit le jour en Grande-Bretagne en 1913, ce n'est que dans la période de l'entre-deux-guerres qu'une écologie végétale et une écologie animale se structurent et s'institutionnalisent durablement. Peder Anker montre ainsi comment la discipline écologique s'affirme dans cette période de l'Empire britannique grâce au soutien de deux réseaux de patronage impérial. L'un est situé à la périphérie, en Afrique du Sud, autour de la figure de Jan C. Smuts, l'autre au centre autour de « l'école d'écologie impériale d'Oxford ». Ce patronage contribue à l'introduction dans les administrations coloniales britanniques d'Afrique des méthodes écologiques employées comme instrument de gestion des ressources et d'encadrement scientifique des pratiques agricoles des populations locales. Des relevés et des cartographies écologiques de la végétation, des sols, des systèmes de culture locaux, fondés sur un examen détaillé des corrélations entre

1. Cittadino 1990 (p. 134-145).

2. Warming 1909 (p. 2).

3. Anker 2001 (p. 13).

facteurs environnementaux et types de couvert végétal, déboucheront notamment sur des politiques de développement et de réaménagement agricole en Rhodésie du Nord dans les années 1940¹.

C'est dans le cadre des luttes que se livrent les puissances européennes pour le contrôle des territoires et des ressources minérales, et de stratégies d'intégration économique impériale visant à favoriser les échanges et le commerce entre colonies et dominions britanniques, que le zoologue Charles Elton développe une nouvelle ligne de recherche sous le nom d'«écologie animale». Engagé à titre de consultant par des institutions impériales comme la Compagnie de la baie d'Hudson et l'Empire Marketing Board pour développer des modèles de prévision des cycles des populations animales (visant à stabiliser les marchés de fourrure), Elton forge une représentation synoptique de la nature, une économie naturelle dans laquelle les espèces animales sont structurées et régulées par des chaînes et cycles alimentaires, taille et type de nourriture et pyramide des nombres².

*L'écologie végétale organiciste aux États-Unis
de la Progressive Era au New Deal. Entre science,
agriculture et conservationnisme*

Entre le dernier quart du xix^e siècle et le début du xx^e, une écologie végétale dynamique émerge et s'institutionnalise aux États-Unis à la croisée de trois dynamiques : crises agricole et environnementale causées par un peuplement, une mise en culture et une urbanisation rapides des prairies ; des initiatives fédérales en matière de recherche et de politique agricole en réponse à ces crises ; et enfin, une dynamique de professionnalisation de la science botanique.

À partir du milieu du xix^e siècle, le paysage environnemental des États-Unis se voit profondément remodelé sous l'effet du capitalisme industriel et agricole intensif et la croissance des métropoles urbaines. L'adoption de l'Homestead Act en 1862 et l'achèvement en 1869 du premier chemin de fer transcontinental accélèrent le peuplement de l'Ouest et l'expansion des monocultures céréalières, l'élevage extensif du bétail et l'industrie sylvicole sur les Grandes Plaines. S'ensuivent alors une érosion des sols, une disparition des graminées et plantes fourragères, une augmentation d'espèces invasives et d'insectes nuisibles, une dégradation du couvert forestier et une diminution drastique de la capacité de charge de nombreux pâturages.

1. Hodge 2007 (p. 144-178).

2. Anker 2001, Erickson 2010.

Dans ce contexte se met en place, durant la *Progressive Era*, un nouvel interventionnisme fédéral en matière de politique et de recherche agricole qui favorise l'émergence de la génétique mendélienne, de l'agronomie, de l'écologie végétale et du conservationnisme scientifique. Les adoptions consécutives du Morrill Land-Grant Act en 1862, du Hatch Act en 1887 et du Morrill Act en 1890 entérinent l'institutionnalisation d'un système national d'expertise scientifique agricole au service de la modernisation agricole. Il est organisé autour d'institutions d'enseignement scientifique supérieur, de collèges et de stations expérimentales agricoles créés dans chaque État, coordonnés par le département de l'Agriculture des États-Unis, fondé en 1862, et approvisionnés par d'importants fonds fédéraux.

Cette institutionnalisation d'une recherche scientifique agricole offre un cadre propice à la réception de la génétique mendélienne et à l'essor des techniques expérimentales d'hybridation et de croisement conduisant vers 1910 à la culture du maïs hybride. Au cours de cette période s'introduit aussi, au plus haut niveau de l'appareil d'État, un mouvement scientifique conservationniste œuvrant activement à la mise en place d'une planification rationnelle et technocratique centralisée des ressources. Il débouche notamment sur la création, en 1876, d'un Service des forêts en charge de l'administration et de l'exploitation des forêts selon une logique du « rendement soutenu ».

Dans cette vague d'expansion de la recherche agricole et d'intervention conservationniste, un nombre croissant de botanistes américains localisés majoritairement dans les universités et stations agricoles du Midwest formalisent une écologie végétale dynamique. Soucieux de démontrer l'utilité pratique de leur botanique expérimentale dans l'effort agricole, ils se tournent vers l'étude en plein air des processus et des fonctions des formations végétales. C'est ainsi que le département de botanique de l'université du Nebraska s'affirme comme le creuset de la « Grassland School of Ecology¹ ».

Frederic Clements, professeur de botanique et de physiologie végétale, y formalise au début du xx^e siècle une écologie végétale organiciste fondée sur une théorie de la succession végétale qui dominera pendant près d'un demi-siècle la recherche écologique états-unienne. Puisant sa grammaire et ses méthodes dans la physiologie expérimentale, Clements définit les formations végétales comme des organismes complexes dotés de structures et de fonctions susceptibles des mêmes méthodes d'investigation et d'expérimentation que celles pratiquées sur les organismes simples au laboratoire. Pour Clements, ces formations végétales passent par différentes

1. Tobey 1981.

phases de développement gouvernées par les facteurs édaphiques et climatiques, débutant par quelques espèces pionnières sur un sol vierge (des graminées par exemple), remplacées ensuite par de nouvelles associations pour aboutir à un assemblage végétal stable contrôlé par le climat appelé « climax » (par exemple, un peuplement forestier)¹.

Ce n'est pas une coïncidence si cette logique de la succession végétale semble reproduire celle de la célèbre thèse de la Frontière, forgée en 1893 par l'historien Frederick J. Turner, où l'histoire des États-Unis apparaît comme le développement successif de conquêtes et de peuplements de terres « vierges ». L'historienne des sciences Sharon Kingsland établit ainsi un parallèle saisissant entre l'essor de l'écologie scientifique aux États-Unis et les problèmes d'adaptation et d'aménagement agricoles qu'ont rencontrés les pionniers à mesure que la frontière de peuplement se déplaçait vers l'ouest².

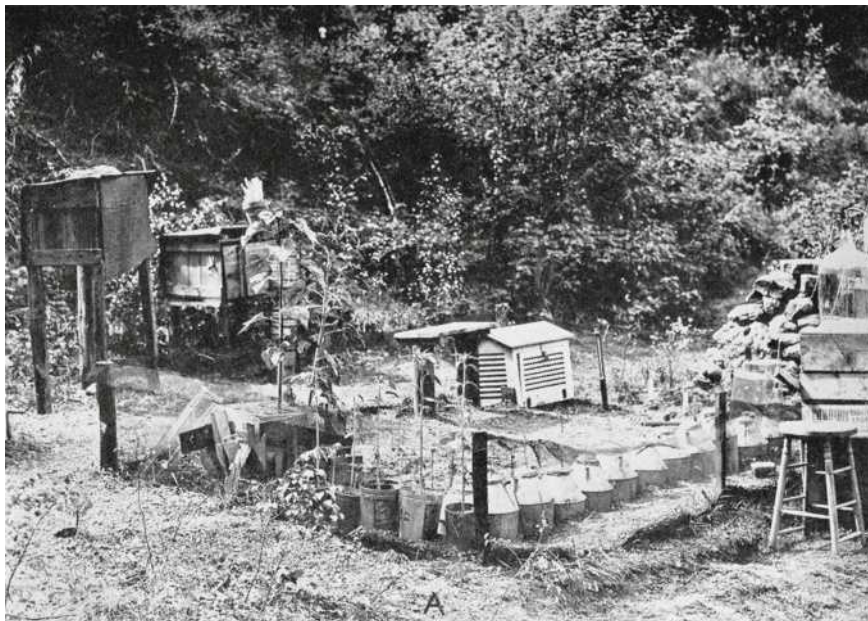
La formalisation et les pratiques scientifiques de cette écologie végétale organiciste s'appuient sur de nouvelles méthodes d'investigation expérimentale, une utilisation systématique d'instruments de mesure (thermomètre, psychromètre, etc.) et de nouvelles techniques de quantification, constituant une économie morale fondée sur une quête de la précision et une pratique plus distanciée de la nature. Elle vise tout autant à transformer l'écologie en une science rigoureuse et exacte proche des standards du laboratoire qu'à garantir la scientificité d'une discipline pratiquée en plein air et à en contrôler l'accès en excluant les botanistes amateurs³. Utilisé comme technique d'échantillonnage, le quadrat permet à l'écologue d'estimer et de quantifier l'abondance d'une ou de plusieurs espèces végétales et d'en comparer la fréquence statistique entre différentes zones composant une formation. En transformant les plantes en indicateurs des conditions physico-chimiques de leur milieu de croissance, la station de phytomètres se donne comme un « micro-monde » dans lequel l'écologue est en mesure de contrôler et de mesurer, avec la même précision qu'au laboratoire, les facteurs environnementaux (humidité, teneur en eau, composition des sols, lumière, précipitation, vent, etc.) influençant le développement d'une formation végétale et les réponses des plantes.

Loin d'être poursuivie comme un simple savoir théorique et académique, l'écologie végétale de l'école du Nebraska se développe au contraire à l'interface des mondes universitaire et agricole et de la recherche fondamentale et appliquée, contribuant à redéfinir dans les années 1910-1920

1. Clements 1905.

2. Kingsland 2005.

3. Kohler 2002.



Station de phytomètres conçue par Clements pour contrôler et mesurer le rôle des facteurs environnementaux dans la croissance des plantes.

les pratiques de la foresterie, de l'agronomie et à forger une gestion scientifique des pâturages. Mus par les mêmes impératifs économiques que ses coreligionnaires conservationnistes, ces écologues ambitionnent d'ériger l'écologie au rang de discipline maîtresse dans l'aménagement des ressources naturelles états-uniennes. De fait, cette description de la nature comme un processus ordonné permet à l'écologue de montrer comment l'écologie est en mesure de prédire avec précision les dynamiques végétales dans une aire donnée et de désigner les milieux les plus adaptés à la culture d'une espèce végétale particulière. Outre sa portée épistémique, l'emploi de l'analogie organiciste constitue aussi une stratégie rhétorique permettant de légitimer la figure de l'écologue en tant qu'expert dans la planification et la gestion des ressources naturelles¹.

Mais c'est dans le contexte du New Deal accentué par la catastrophe environnementale du Dust Bowl que cette écologie accède véritablement au rang d'expertise publique. Tandis que les États-Unis entrent dans une

1. Nicolson 1989.

période de récession économique après le krach boursier de 1929, une série de tempêtes de poussière et de sable frappe, pendant près d'une décennie, les Grandes Plaines. Ces tempêtes résultent de la conjonction de longues périodes de sécheresse et d'une érosion exacerbée des sols provoquée par la surexploitation agricole. Rendus impropres à toute culture, les États du Midwest voient l'exode de millions de personnes, retracé dans *Les Raisins de la colère* de John Steinbeck. En réponse à cette crise agricole et environnementale, le président Roosevelt lance dans le cadre du New Deal une vaste politique de réhabilitation agricole des sols concourant au recrutement d'écologues du Nebraska à titre d'experts, et à l'élaboration de politiques publiques en réhabilitation et conservation des sols des Grandes Plaines, fondées sur les principes et concepts cardinaux de l'écologie végétale clementsienne¹.

Les transformations de l'écologie après la Seconde Guerre mondiale, entre technocratie et environnementalisme

Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, les sciences écologiques connaissent, particulièrement aux États-Unis, une profonde reconfiguration de leurs pratiques instrumentales, de leur manière de voir et de gouverner la nature, dans le cadre d'un régime d'accumulation fordiste, d'un programme nucléaire civil et militaire, et d'une nouvelle alliance de la recherche avec le complexe militaro-industriel.

Une nature fordiste

Afin de garantir la prévisibilité des investisseurs et gouvernements dans le secteur de la pêche industrielle alors en plein essor et marquée par de fortes fluctuations des débarquements commerciaux, des biologistes marins sont sollicités pour développer de nouveaux modèles statistiques des populations halieutiques. Redéfinissant les populations de poissons comme des systèmes autorégulés tendant naturellement vers l'équilibre, caractérisés par des paramètres biologiques définis – taux de reproduction, de croissance spécifique, de mortalité naturelle et par pêche –, ces modèles contribuent à transformer ces populations en objets prédictibles et gouvernables dont il devient possible de calculer des taux d'exploitation optimale².

1. Masutti 2006.

2. Bavington 2010, Finley 2011.

En congruence avec ce nouveau cadre de modernisation économique et industrielle d'après guerre sont aussi forgées de nouvelles approches centrées sur la notion d'écosystème. La science des écosystèmes reconceptualise la nature comme une usine fordiste automatisée traversée par des intrants et des extrants d'énergie et de matière, organisée autour d'une chaîne de montage standardisée et une division spécialisée du travail – la chaîne trophique dans laquelle les espèces sont rassemblées en groupes fonctionnels selon la tâche qu'elles accomplissent dans ce processus de production et de transformation d'énergie. Dans cette approche, le rendement énergétique (vitesse de conversion de l'énergie en biomasse entre différents compartiments trophiques) devient le nouveau critère d'évaluation de performance de la nature, et le rôle principal de l'écologue se résume, à l'instar de l'ingénieur taylorien, à mesurer la « productivité biologique » sous la forme de budget énergétique au moyen de différents dispositifs de mesure (bombe calorimétrique, mesure des échanges gazeux d'une plante dans des enceintes expérimentales, etc.)¹.

Cette redéfinition de la nature comme un système autorégulé susceptible de contrôle et d'optimisation participe d'une dynamique plus large de reconfiguration du champ des savoirs, catalysée par l'essor de nouvelles approches technoscientifiques élaborées en temps de guerre. Issue des travaux du mathématicien Norbert Wiener et de l'ingénieur Julian Bigelow sur une machine de prédiction de tir dans le cadre de la lutte anti-aérienne durant la mobilisation, la cybernétique s'offre après guerre comme une nouvelle grammaire générale dans laquelle tous les objets sont susceptibles d'une analyse en termes de systèmes, de boucles de rétroaction et de mécanismes de contrôle².

Sécuriser l'atome

Ce sont toutefois les opportunités de recherche et de financement liées au développement du programme nucléaire civil et militaire et à une préoccupation croissante des instances pour les effets et mécanismes de contamination radioactive, qui vont favoriser l'institutionnalisation de l'écologie des écosystèmes dans les années 1950. Bénéficiant du patronage du complexe militaro-industriel, l'écologie va alors s'affirmer comme un dispositif clé de contrôle et de sécurisation de l'énergie atomique et intégrer dans ses pratiques de nouveaux outils tels que les radiotraceurs et les calculateurs modernes.

1. Odum 1959.

2. Dahan et Pestre 2004.

Entre 1961 et 1976, la division « Médecine et biologie » de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis coordonne plus de 60 programmes de recherche en écologie des écosystèmes, au sein des laboratoires nationaux d'Hanford, de Brookhaven, d'Oak Ridge et de la centrale de la Savannah River afin de mesurer et de prédire les seuils de tolérance des organismes et des écosystèmes aux radiations ionisantes. À l'opposé du mouvement écologiste qui se structure dès la fin des années 1950 en dénonçant l'impact des essais nucléaires sur la santé et l'environnement, ces écologues arborent un environnementalisme optimiste et technocratique. En témoignent les espoirs qu'Eugene Odum place en 1959 dans la technologie des radiotraceurs pour résoudre les problèmes environnementaux liés au développement de l'énergie atomique :

Certaines des choses que nous craignons le plus dans le futur, la radioactivité par exemple, nous aideront, si elles sont intelligemment étudiées, à résoudre les problèmes mêmes qu'elles créent. C'est pourquoi les isotopes utilisés comme traceurs nous permettront d'élucider les processus de renouvellement que nous devons comprendre avant que ne soient libérés en toute sécurité les déchets radioactifs dans l'environnement¹.

La recherche écologique entreprise dans ces laboratoires nationaux n'est cependant pas exclusivement orientée vers la résolution de problèmes de gestion environnementale de la technologie nucléaire. Des historiens des sciences ont en effet montré combien ces écologues parviennent, à l'intérieur des contraintes qui leur sont imposées, à définir et à développer leurs propres programmes de recherche, dont attestent l'introduction de la technique des marqueurs radio-isotopiques dans les pratiques des écologues comme technologie de savoir et l'essor de l'écologie systémique².

En effet, si ces études expérimentales répondent avant tout à un impératif de sécurité technologique, elles s'avèrent être aussi de puissants outils de connaissance mobilisés par les écologues pour délimiter et isoler plus finement les chaînes trophiques, tracer la circulation et les transformations de matière et d'énergie d'un compartiment à l'autre et en quantifier les taux de résidence et de renouvellement.

C'est l'espace institutionnel du laboratoire national d'Oak Ridge, et les infrastructures informatiques qu'il offre, qui contribuent à en faire le berceau de l'écologie systémique. Décrits comme formant un mouvement social modernisateur cherchant à révolutionner les pratiques de l'écologie, ces écologues formalisent l'écologie systémique comme un nouveau

1. Odum 1959 (p. v et vi).

2. Bocking 1995.

programme de recherche hybride alliant modélisation mathématique, méthodologies de la recherche opérationnelle ou de l'analyse des systèmes, et simulation sur des calculateurs analogiques ou numériques¹. Élaborées en temps de guerre pour rationaliser la lutte anti-sous-marine et la logistique des forces de frappe américaines et britanniques, ces approches se disséminent après guerre dans les secteurs académique, industriel et gouvernemental et colonisent l'écologie. L'analyse des systèmes est utilisée par ces écologues comme une méthode permettant d'identifier, de dénombrer et de classer les éléments importants du système écologique à étudier, et comme un moyen pour transformer l'écologie en une science de gestion des systèmes écologiques complexes et un outil d'aide à la décision publique. La bonne gestion des ressources se voit reformulée en un problème d'optimisation permettant de concilier la maximisation à court terme de la productivité biologique des écosystèmes et le maintien à long terme des processus écologiques renouvelant les ressources².

Si ce nouveau programme de recherche reste, dans un premier temps, largement confiné dans les laboratoires du complexe militaro-industriel, ses promoteurs parviennent dans les années 1960 à l'imposer plus largement comme un savoir clé dans la gestion des problèmes environnementaux.

Le Programme biologique international entre environmentalisme, responsabilité sociale et big science

De 1964 à 1974, le Conseil international des unions scientifiques et l'Union internationale des sciences biologiques coordonnent le Programme biologique international (PBI). Souhaitant relever le statut académiquement faible de la discipline écologique dans les départements de biologie en en démontrant son utilité pratique dans la résolution des problèmes environnementaux globaux (pollutions, déplétion des ressources, etc.) et le « bien-être humain », ses architectes proposent la mise en place à l'échelle mondiale de stations d'observation et de mesures simultanées de la « capacité productive de la planète ». Avec plus de 2 000 projets répartis dans 43 pays participants, 200 rencontres internationales et la publication de 24 manuels, la science des écosystèmes bénéficie, tant à l'échelle nationale qu'internationale, d'une institutionnalisation sans précédent.

Aux États-Unis, le PBI prend place à la croisée de deux dynamiques. Cherchant à capitaliser la montée des préoccupations environnementales

1. Kwa 1993a et 1993b.

2. Watt 1968 (p. 54).

des années 1960, l'Ecological Society of America (ESA) entreprend une redéfinition stratégique de la responsabilité sociale de l'écologie au moyen d'une tactique d'intéressement et d'enrôlement du mouvement écologiste et des parlementaires américains pour positionner l'écologie systémique comme un point de passage obligé dans la définition et la résolution des problèmes environnementaux. En quête d'une solution technoscientifique à la crise environnementale et d'un désarmement de la critique écologiste par son institutionnalisation, les parlementaires américains, séduits par l'idéal d'ingénierie et de contrôle de la nature que semble alors offrir l'écologie systémique, appuient favorablement la proposition d'un PBI américain¹. La participation active des pays du bloc de l'Est dans ce programme suscite également l'intérêt du président Johnson qui le désigne comme un modèle de coopération scientifique internationale indispensable à une politique de détente et appelle toutes les nations du monde à la création d'un conseil international de l'environnement humain².

Bénéficiant d'un montant de 43 millions de dollars pour une période de six ans (1968-1974), le PBI américain mobilise plus de 1 800 chercheurs et consolide l'entrée de l'écologie des écosystèmes dans un modèle de *big science* et la rapprochant des sciences environnementales planétaires comme l'océanographie, la géophysique, la météorologie et les sciences de l'atmosphère. Chacun des cinq projets est responsable de la modélisation et de la simulation informatique d'un des grands biomes couvrant le territoire états-unien. L'ambition est d'améliorer la capacité prédictive de l'écologie des réponses des écosystèmes à des perturbations environnementales ou à différentes stratégies d'exploitation et de rationaliser scientifiquement la gestion des ressources naturelles. Organisés et administrés selon une structure extrêmement hiérarchique et centralisée, ces projets font appel à de grandes équipes scientifiques interdisciplinaires composées de responsables administratifs, de savants de terrain, de techniciens, de programmeurs et de modélisateurs travaillant sur des calculateurs numériques à grande vitesse et à la constitution de banques centrales de données observationnelles³. Construits sur un nombre restreint de variables physiques supposées déterminer l'ensemble des variables de l'écosystème et échouant à intégrer des paramètres tels que la différenciation spatiale et le rôle de la connectivité dans les réseaux trophiques, ces modèles s'avèrent cependant rapidement réductionnistes et déterministes⁴.

1. Kwa 1987.

2. Lyndon B. Johnson, « Commencement Address at Glassboro State College », 4 juin 1968.

3. Aronova *et al.* 2010.

4. Kwa 1993a et 1993b.

L'institutionnalisation des préoccupations environnementales dans l'appareil d'État avec l'adoption du National Environmental Policy Act (NEPA) en 1969 et le relatif succès du PBI conduisent, au début des années 1970, à la création des premiers départements et de programmes d'enseignement dédiés exclusivement à l'écologie au sein des universités. De plus, l'obligation du NEPA pour tous les aménageurs de procéder à des études d'impact environnemental offre aux écologues une nouvelle niche professionnelle dans le champ de l'expertise et de la consultance environnementale.

Une écologie libérale entre gestion adaptative et économicisation, 1973-2013

Une nature « hors de contrôle » ?

Les années 1970 voient l'essor d'un nouveau régime de savoir dans lequel la biosphère est redéfinie comme un réseau de systèmes écologiques complexes adaptatifs, enchevêtrés, au comportement stochastique soumis à des surprises et des chocs constants. Dans cette approche, l'hétérogénéité spatiale, la variabilité temporelle, les perturbations ou les catastrophes (destruction d'un littoral par une tempête, récurrence d'un feu dans un parc ou une forêt), qu'elles soient naturelles ou d'origine anthropique, apparaissent comme constitutives des dynamiques et processus de renouvellement des écosystèmes. Les états d'équilibre ne correspondent qu'à des états transitoires du système observé.

Certes, le reflux des notions d'équilibre et de stabilité en écologie doit beaucoup au succès des travaux sur les structures dissipatives et l'auto-organisation des systèmes (Prigogine), des théories du chaos et des catastrophes (René Thom) et des sciences de la complexité diffusées par le Santa Fe Institute ; mais c'est aussi à la croisée de dynamiques sociales, culturelles et économiques bien plus profondes encore que cette nouvelle manière de voir le vivant s'est imposée.

Dans un contexte marqué au début des années 1970 par une vaste fronde anti-environnementale, une instrumentalisation croissante de l'expertise écologique par des cabinets privés et une crainte de perte d'autonomie professionnelle, les écologues et l'ESA se dissocient de l'écologisme contestataire pour se replier sur des préoccupations plus académiques et sur l'écologie théorique¹. Ce retrait de l'arène activiste s'accompagne d'une délégitimation de l'écologie systémique et de la promotion d'une

1. Nelkin 1977.

nouvelle culture épistémique de l'écologie évolutionniste. Plus conforme à l'idéologie entrepreneuriale des années 1980, celle-ci voit en effet l'évolution moins comme une marche progressive vers plus de complexité, d'interdépendance et d'autorégulation que comme le résultat d'individus spécifiques égoïstes poursuivant des stratégies d'optimisation afin d'augmenter leur succès de reproduction. En outre, l'échec de l'intervention militaire au Vietnam, l'affaiblissement du modèle de l'État planificateur keynésien, le choc pétrolier, l'essor d'un nouveau régime d'accumulation postfordiste, contribuent tout autant à un désenchantement, en écologie, en météorologie et en économétrie, à l'égard des modélisations intégrées à grande échelle, et à un reflux des notions d'équilibre, de stabilité et d'idéal de contrôle qui sous-tendaient ces modèles¹.

Les travaux de l'écologue canadien Crawford S. Holling constituent un tournant majeur à cet égard. Tenant pour responsable de l'effondrement d'un grand nombre de ressources halieutiques l'approche dite « centrée sur l'équilibre », mobilisée dans la gestion des pêches, Holling propose dès 1973 de lui substituer une approche « centrée sur la résilience ». Cette écologie de la résilience cherche à mesurer l'amplitude des chocs et des perturbations qu'un écosystème peut absorber sans altérer ses caractéristiques fonctionnelles garantissant son adaptation².

Loin de rompre avec tout idéal managérial, l'affirmation de cette écologie post-équilibre s'est au contraire accompagnée d'un passage d'une stratégie de contrôle des écosystèmes vers une stratégie de gestion où ce sont les collectifs humains et leurs interactions avec ces écosystèmes complexes qui deviennent les nouvelles cibles d'intervention³. L'importance croissante du corpus de recherche dédié à l'analyse des « systèmes socio-écologiques » en témoigne.

Ces nouveaux experts approchent moins la gestion de la nature comme « la préservation de toutes les espèces » ou comme le maintien d'un rendement soutenu maximal que comme une stratégie visant à « garantir la capacité des écosystèmes, soumis aux pressions exercées par l'activité économique, à évoluer de manière créative dans un monde incertain⁴ ». Cette écologie post-équilibre a aussi pour fonction de neutraliser et dépolitiser toute critique des limites environnementales à la croissance économique. Prenant soin de ne pas pointer la responsabilité du capitalisme et de l'industrie, cette nouvelle génération d'écologues cadre la crise environnementale globale comme la conséquence d'une rigidité

1. Kwa 1994.

2. Holling 1973.

3. Bavington 2002.

4. Perrings *et al.* 1995 (p. 4).

des instances bureaucratiques et d'un excès de réglementation étatique. Dès lors, les solutions ne pourront venir que d'« approches plus innovantes », « d'agences plus flexibles, d'industries plus autonomes et de citoyens mieux informés¹ ».

Appliquée depuis une trentaine d'années dans les domaines des pêcheries et de la foresterie, une approche intitulée « gestion adaptative » conçoit la gestion de la nature et les chocs et surprises qui en découlent comme un processus d'expérimentation et d'apprentissage itératif et de réajustement des conduites en fonction de ce qui a été appris. Cette nouvelle écologie post-équilibre s'intègre parfaitement dans une logique qui met l'accent sur l'innovation, la flexibilisation des processus de production et la décentralisation de la gestion. Bien plus encore, Jeremy Walker et Melinda Cooper ont souligné la congruence idéologique de ce nouveau paradigme écologique avec la gouvernamentalité néolibérale qui gagne les arènes internationales de gouvernance *via* l'épistémologie hayekienne des systèmes complexes².

La nature comme « réseau connecté »

Profondément influencé par les premières images de la Terre prises depuis l'espace, le développement des technologies satellitaires et des ordinateurs personnels, ce nouveau régime de savoir-pouvoir se caractérise par un rejet explicite de la métaphore de la machine propre à l'écologie systémique, et la promotion de nouvelles métaphores puisées dans les nouvelles technologies de l'information. C'est ainsi que l'écologue Daniel Botkin affirme que si

l'âge de la machine et ses métaphores sont inappropriés pour expliquer comment les systèmes écologiques fonctionnent et comment nous pouvons les maintenir, [...] les ordinateurs fournissent de nouvelles métaphores [...] pour notre perception de la vie sur la planète [...] Ils nous permettent [...] de percevoir la forêt comme composée de nombreux arbres individuels croissant, absorbant de l'air, de l'eau et de l'azote, produisant des semences, et mourant – tous ces processus se déroulant simultanément, de manière interconnectée bien qu'indépendante³.

Marqueur de l'avènement de ce nouveau paradigme réseau, l'écologie du paysage, forgée dans les années 1980, appréhende la nature comme une

1. Holling et Meffe 1996 (p. 331).

2. Walker et Cooper 2011.

3. Botkin 2012 (p. 158 et 177).

mosaïque paysagère, modifiée et structurée par les activités humaines, composées de taches d'habitats reliées entre elles par des réseaux constitués de corridors, de filtres et de barrières. La taille des taches, leur distance et leur degré de fragmentation et de connectivité conditionnent la distribution spatiale et la capacité de survie et de reproduction des populations. L'écologie du paysage se fonde sur une mise en forme spatiale, mathématique et numérique du paysage rendue possible par l'usage couplé de la photographie aérienne, de la cartographie, des outils de télémétrie et télédétection. Ces outils permettent de collecter des données géoréférencées sur les configurations paysagères qui sont ensuite intégrées et analysées sur des Systèmes d'informations géographiques (SIG). Cette nouvelle représentation de la nature est étroitement associée à la mise en place de dispositifs de conservation réticulaires tels que la Trame verte et bleue en France. Ces « réseaux écologiques » sont conçus pour piloter des flux de gènes, d'organismes, et des processus physico-chimiques à l'échelle d'un paysage. Ces dispositifs sont composés de « zones nodales » conçues comme des réservoirs de dispersion et de migration des espèces et de « corridors » jouant le rôle de liaison fonctionnelle pour favoriser les échanges physiques et génétiques entre les habitats.

Une nouvelle économie de la nature

Un autre élément saillant de ce nouveau régime repose dans la re-conceptualisation de la nature comme « capital naturel » pourvoyeur de « services écosystémiques » et dont la bonne conservation dépendrait d'une mise en économie et de la création de « marchés environnementaux ». On serait alors en train d'assister à l'intégration progressive du système Terre dans le système financier mondial. Christophe Bonneuil a ainsi analysé comment la transition d'une représentation ressourciste de la nature appréhendée comme stock d'entités (gènes, espèces, réserves, etc.) à une représentation de la nature comme flux de services d'actifs financiers à valoriser s'est opérée main dans la main avec le basculement d'un capitalisme industriel fordiste en un capitalisme financiarisé¹.

L'essor et l'institutionnalisation de l'économie écologique au début des années 1990 ont joué un rôle clé dans ce déplacement. Depuis le milieu des années 2000, de nouvelles plateformes scientifiques coordonnées par des universitaires, des ONG de la conservation (TNC, WWF, CI) et des cabinets de conseil privé, ont vu le jour. Combinant les approches quantitatives et de modélisation de l'écologie et les méthodes d'évaluation

1. Bonneuil 2015.

monétaire de l'économie de l'environnement, celles-ci se proposent de monétiser la nature pour attirer le capital privé dans le secteur de la conservation. Aussi l'une des figures de proue de cette nouvelle approche affirme-t-elle que « la science des services écosystémiques a besoin de progresser rapidement. En promettant un retour sur investissement dans la nature, la communauté scientifique doit offrir les connaissances et les outils nécessaires pour prédire et quantifier ce retour¹ ».

Ces plateformes (The Natural Capital Project, ARtificial Intelligence for Ecosystem Services, MIMES, etc.), mobilisant économistes, biologistes de la conservation, développeurs et programmeurs, analystes d'affaires, développent des outils quantitatifs et de modélisation spatialement explicite sur des logiciels SIG libres, permettant une quantification, une cartographie spatiale et une évaluation économique des usages de ces « services écosystémiques » selon la couverture biophysique et la répartition d'occupation des sols. De nombreuses expériences pilotes à travers le monde, fondées sur ces méthodologies, travaillent actuellement au développement de marchés volontaires et de mécanismes qualifiés de « paiements pour services environnementaux » mettant en relation des « bénéficiaires » et des « fournisseurs ».

Cet alignement des objectifs de la conservation sur les intérêts du capital privé a eu deux effets majeurs sur l'écologie scientifique. D'une part, l'écologie est de plus en plus réduite à un rôle subsidiaire de technologie métrique visant à certifier la valeur et à garantir la crédibilité des « services écosystémiques » échangés sur des marchés environnementaux². C'est dans cette direction que le National Research Council a récemment demandé aux écologues d'accroître leurs efforts pour développer des modèles écologiques dont les résultats « pourront être utilisés comme une donnée dans l'analyse économique³ ». D'autre part, cet alignement a favorisé l'essor d'une nouvelle niche professionnelle pour les écologues dans des bureaux d'études privés, des banques d'investissement et des banques de compensation (plus de 500 aux États-Unis aujourd'hui et connaissant une expansion rapide en Europe et dans le monde) offrant des services de génie et de restauration écologique pour réduire ou compenser les impacts des industries et aménageurs sur l'environnement.

1. Daily *et al.* 2009 (p. 21).

2. Robertson 2006.

3. National Research Council 2005 (p. 257).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANKER Peder, 2001, *Imperial Ecology: Environmental Order in the British Empire (1895-1945)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ARONOVA Elena, BAKER Karen et ORESKES Naomi, 2010, «Big Science and Big Data in Biology: From the International Geophysical Year through the International Biological Program to the Long Term Ecological Research (LTER) Network, 1957-Present», *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 40, n° 2, p. 183-224.
- BAVINGTON Dean, 2002, «Managerial Ecology and Its Discontents: Exploring the Complexities of Control, Careful Use and Coping in Resource and Environmental Management», *Environments*, vol. 30, n° 3, p. 3-21.
- 2010, «From Hunting Fish to Managing Populations: Fisheries Science and the Destruction of Newfoundland Cod Fisheries», *Science as Culture*, vol. 19, n° 4, p. 509-528.
- BOCKING Stephen, 1995, «Ecosystems, Ecologists, and the Atom: Environmental Research at Oak Ridge National Laboratory», *Journal of the History of Biology*, vol. 28, n° 1, p. 1-47.
- BONNEUIL Christophe, 2015, «Une nature liquide? Les discours de la biodiversité dans le nouvel esprit du capitalisme», in Frédéric THOMAS et Valérie BOISVERT (dir.), *Le Pouvoir de la biodiversité. Néolibéralisation de la nature dans les pays émergents*, Paris, Quæ, p.193-213.
- BONNEUIL Christophe et BOURGUET Marie-Noëlle, 1999, «De l'inventaire du globe à la "mise en valeur" du monde: botanique et colonisation (fin XVIII^e siècle-début XX^e siècle). Présentation», *Revue française d'histoire d'outre-mer*, n°s 322-323, p. 9-38.
- BONNEUIL Christophe et FRESSOZ Jean-Baptiste, 2013, *L'Événement Anthropocène. La Terre, l'histoire et nous*, Paris, Seuil.
- BOTKIN Daniel B., 2012, *The Moon in the Nautilus Shell: Discordant Harmonies Reconsidered*, Oxford, Oxford University Press.
- CITTADINO Eugene, 1990, *Nature as the Laboratory: Darwinian Plant Ecology in the German Empire (1880-1900)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CLEMENTS Frederic E., 1905, *Research Methods in Ecology*, Lincoln (NE), University Publishing Company.
- DAHAN Amy et PESTRE Dominique (dir.), 2004, *Les Sciences pour la guerre (1940-1960)*, Paris, Éd. de l'EHESS.
- DAILY Gretchen *et al.*, 2009, «Ecosystem Services in Decision Making: Time to Deliver», *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 7, n° 1, p. 21-28.
- ERICKSON Paul, 2010, «Knowing Nature through Markets: Trade, Populations, and the History of Ecology», *Science as Culture*, vol. 19, n° 4, p. 529-551.
- FINLEY Carmel, 2011, *All the Fish in the Sea: Maximum Sustainable Yield and the Failure of Fisheries Management*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- HEADRICK Daniel R., 1988, *The Tentacles of Progress: Technology Transfer in the Age of Imperialism (1850-1940)*, New York, Oxford University Press.
- HODGE Joseph M., 2007, *Triumph of the Expert: Agrarian Doctrines of Development and the Legacies of British Colonialism*, Athens (OH), Ohio University Press.
- HOLLING Crawford S., 1973, «Resilience and Stability of Ecological Systems», *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 4, p. 1-23.
- HOLLING Crawford S. et MEFFE Gary K., 1996, «Command and Control and the Pathology of Natural Resource Management», *Conservation Biology*, vol. 10, n° 2,

- p. 328-337.
- KINGSLAND Sharon, 2005, *The Evolution of American Ecology (1890-2000)*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- KOHLER Robert E., 2002, *Landscapes and Labscapes: Exploring the Lab-Field Border in Biology*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- KWA Chunglin, 1987, «Representations of Nature Mediating between Ecology and Science Policy: The Case of the International Biological Programme», *Social Studies of Science*, vol. 17, n° 3, p. 413-442.
- 1993a, «Modeling the Grasslands», *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, vol. 24, n° 1, p. 125-155.
 - 1993b, «Radiation Ecology, Systems Ecology and the Management of the Environment», in Michael SHORTLAND (dir.), *Science and Nature: Essays in the History of the Environmental Sciences*, Oxford, British Society for the History of Science, p. 213-249.
 - 1994, «Modelling Technologies of Control», *Science as Culture*, vol. 4, n° 3, p. 363-391.
- MADUREIRA Nuno L., 2012, «The Anxiety of Abundance: William Stanley Jevons and Coal Scarcity in the Nineteenth Century», *Environment and History*, vol. 18, n° 3, p. 395-421.
- MARSH George P., 1864, *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action*, New York, C. Scribner.
- MASUTTI Christophe, 2006, «Frederic Clements, Climatology, and Conservation in the 1930s», *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, vol. 37, n° 1, p. 27-48.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2005, *Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making*, Washington (DC), National Academies Press.
- NELKIN Dorothy, 1977, «Scientists and Professional Responsibility: The Experience of American Ecologists», *Social Studies of Science*, vol. 7, n° 1, p. 75-95.
- NICOLSON Malcolm, 1989, «National Styles, Divergent Classifications: A Comparative Case Study from the History of French and American Plant Ecology», *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Science Past and Present*, vol. 8, p. 139-186.
- ODUM Eugene P., 1959, *Fundamentals of Ecology*, Philadelphie (PA), W.B. Saunders Company.
- PERRINGS Charles *et al.* (dir.), 1995, *Biodiversity Conservation: Problems and Policies*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- PESTRE Dominique, 2003, *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, Paris, Quæ.
- RAUMOLIN Jussi, 1984, «L'homme et la destruction des ressources naturelles: la *Raubwirtschaft* au tournant du siècle», *Annales. Économies, sociétés, civilisations*, vol. 39, n° 4, p. 798-819.
- RECLUS Élisée, 1864, «De l'action humaine sur la géographie physique», *Revue des Deux Mondes*, vol. 34, n° 54, p. 762-771.
- ROBERTSON Morgan M., 2006, «The Nature That Capital Can See: Science, State, and Market in the Commodification of Ecosystem Services», *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 24, p. 367-387.
- STARR Frederick, 1866, «American Forests: Their Destruction and Preservation», in US DEPARTMENT OF AGRICULTURE, *Report of the Commissioner of Agriculture*, Washington (DC), Government Printing Office, p. 210-234.

- TOBEY Ronald C., 1981, *Saving the Prairies: The Life Cycle of the Founding School of American Plant Ecology (1895-1955)*, Berkeley (CA), University of California Press.
- WALKER Jeremy et COOPER Melinda, 2011, « Genealogies of Resilience : From Systems Ecology to the Political Economy of Crisis Adaptation », *Security Dialogue*, vol. 42, n° 2, p. 143-160.
- WARMING Eugenius, 1909, *The Oecology of Plants: An Introduction to the Study of Plant Communities*, Oxford, Clarendon Press.
- WATT Kenneth, 1968, *Ecology and Resource Management: A Quantitative Approach*, New York, McGraw-Hill.



RAYMOND J. BROWN, *Editor*

Sensational Study of HEREDITY May Produce New Race of Men

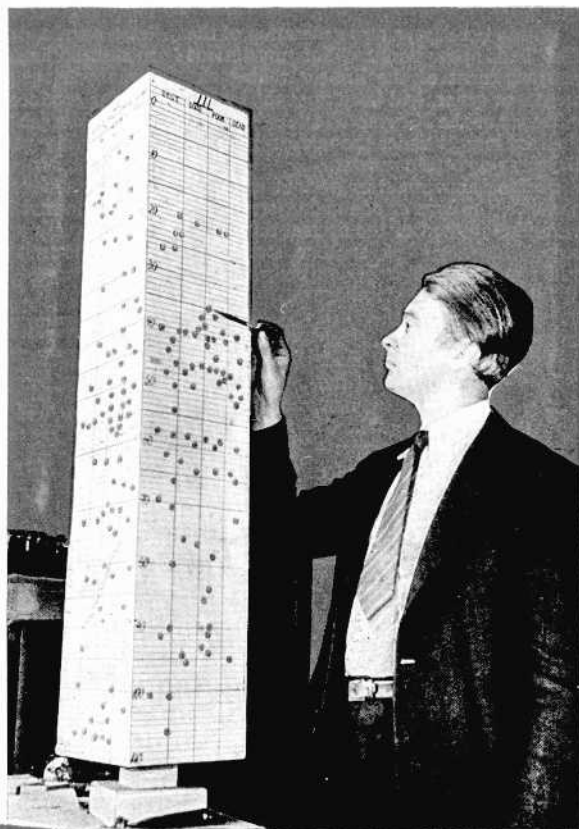
By
**STERLING
GLEASON**

BLACK light, heat, and X-rays are being used by experimenters in sensational efforts to solve the mysteries of heredity. Workers in a score of laboratories in many

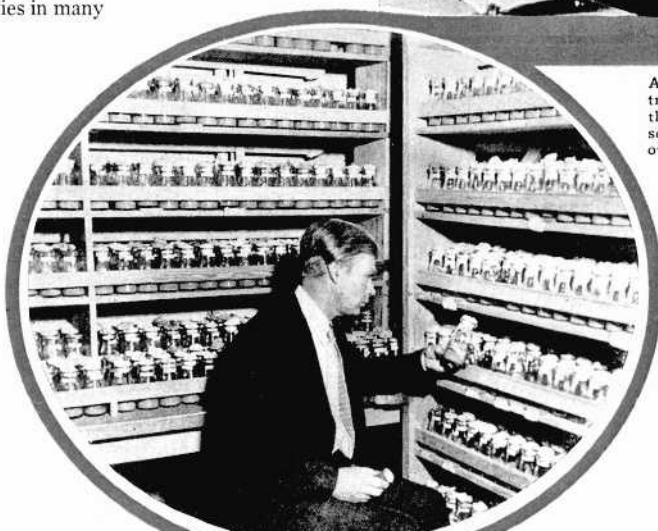
different countries are delving for secrets locked in the living animal cell.

From their discoveries may emerge a new human race, stronger, more intelligent, and better able to resist disease. As the first step, they have produced an amazing chart by which the character of generations of flies yet unborn can be accurately foretold.

Radiations, the newest and most powerful tool of the physical sciences, are chief instruments in this biological study. Lightlike ether waves penetrate animal cells in the search for an M-ray that is asserted to control growth and death. Mysterious emanations of the human body



Above, life chart of heredity-controlling genes. The black dots show the position of genes in a chromosome. At left, stock room filled with overflowing with experimental flies



an associate of Dr. Morgan famous cytologist, at California Institute of Technology, recently held in bottles two swarms of tiny gnat-like flies. From each flask he emptied hundreds of flies into small glass chambers filled with ether vapors. Succumbing instantly, the insects became motionless and were then poured out upon a gleaming white plate under the binocular microscope

14 Le siècle du gène

CHRISTOPHE BONNEUIL

C'est avec raison que le xx^e siècle est appelé « siècle du gène ». La génétique n'est en effet pas seulement née avec le siècle et devenue l'une de ses disciplines les plus emblématiques. De Mendel à la postgénomique, avec des formalismes empruntés aux mathématiques et une instrumentation issue de la physico-chimie, elle a aussi « génétisé » l'ensemble des savoirs et discours sur le vivant, irradiant les sphères agricoles, médicales, politiques, culturelles, et les manières de penser les relations entre les êtres à travers le temps. Du mendélisme et du mutationnisme aux prophéties démiurgiques entourant les OGM et la médecine prédictive, la génétique n'a cessé de formuler des promesses de vies mieux dirigées et de s'insérer dans des entreprises politiques (l'eugénisme, la santé, la modernisation agricole) et des stratégies économiques de mise au travail et de valorisation du vivant.

Histoires de génétique

Il n'est alors guère surprenant que la génétique soit l'un des domaines scientifiques dont l'histoire a été la plus racontée, notamment par ses praticiens tels Watson, Sturtevant, Jacob ou Monod. Les narrations successives de nombre de ces biologistes ont sédimenté un récit scandé par des étapes apportant chacune des avancées nouvelles ; un récit qui place certains personnages et processus au premier plan tout en repoussant d'autres dans l'obscurité. Ces histoires sont marquées par les revendications épistémiques ou disciplinaires de leurs auteurs, par des enjeux institutionnels et par les façons propres à chaque époque de concevoir ce qui relie les êtres vivants à travers l'espace et le temps.

Une narration standard se dégage qu'on pourrait résumer ainsi : vers

◀ « La sensationnelle science de l'hérédité qui peut produire une nouvelle race d'hommes ». Extrait de la revue *Popular Science*, novembre 1934.

1900, avec la « redécouverte » des lois de Mendel, s'ouvre le siècle de la conquête de la pensée biologique par le gène. Vers 1915 avec la théorie chromosomique de Morgan, la génétique, née en relation étroite avec la sélection animale, végétale, et l'eugénisme, entre dans une phase plus autonome, plus académique, scandée de « progrès » qu'Evelyn Fox Keller décrit comme « réguliers et cumulatifs¹ ». Les savoirs sur l'hérédité, fortement marqués par leur contexte social du XIX^e siècle, deviendraient alors plus purs, plus techniques et spécialisés. Müller-Wille et Rheinberger placent cette émancipation dès les années 1900 : pour eux, on passe alors des « débats vifs et vastes spéculations » sur l'hérédité en lien avec des « préoccupations sociopolitiques et culturelles sur les populations humaines » à une « discipline expérimentale *sui generis* cristallisée autour d'un petit nombre d'organismes modèles », et donc largement exonérée de tout lien – autre que de type « précondition » – avec les champs économique, sociopolitique et culturel². Ce savoir disciplinarisé se donne un nom en 1906 : la « génétique ». Si les savoirs de l'hérédité participent d'une matrice sociale et idéologique très large au XIX^e siècle, la génétique du XX^e siècle appellerait donc des récits plus épistémologiques et moins contextualisés. Il y aurait donc une histoire culturelle de l'hérédité mais guère d'histoire culturelle de la génétique.

Après cette génétique formelle où la nature biochimique du gène et son mode d'action ne sont pas éclaircis, émerge, à partir de la fin des années 1930, une « biologie moléculaire » qui conquiert les institutions à partir de la découverte de la double hélice de l'ADN par Watson et Crick en 1953. Tandis que la génétique avait émergé des projets biopolitiques d'optimisation et de contrôle des plantes, animaux et humains, la biologie moléculaire et la théorie synthétique de l'évolution à base de génétique des populations apparaissent, dans le récit standard, comme des disciplines *fondamentales*. Ce n'est qu'un quart de siècle plus tard, avec la découverte des enzymes de restriction et les techniques de l'ADN recombinant, c'est-à-dire la possibilité de transférer des gènes à travers la barrière d'espèce, que la biologie moléculaire passerait « d'une science théorique à une science pratique³ ». Le premier OGM, une bactérie exprimant un gène de batracien, date de 1973 et ouvre de nouveaux horizons d'« applications » de la biologie moléculaire, mais aussi un temps de controverses publiques. Si cette tendance industrialiste et réductionniste se retrouve aujourd'hui dans la biologie de synthèse, on assisterait toutefois, avec la

1. Keller 2003 (p. 7).

2. Müller-Wille et Rheinberger 2012 (p. 128 – et p. 136 sur la notion de « précondition »).

3. Morange 1994 (p. 213).

génomique (depuis le lancement du projet « Génome humain » en 1990), la biologie des systèmes et l'épigénétique, à un dépassement des dogmes de la biologie moléculaire : remise en question du déterminisme génétique avec une nouvelle vision de l'ADN non plus comme un programme mais comme une mémoire sélectivement mobilisée par la dynamique cellulaire sous l'effet de l'environnement ; découverte du continent des petits ARN codés par les 98 % de l'ADN non codant pour des protéines (initialement qualifié d'« ADN poubelle ») ; éclatement du concept de gène¹ et retour au fondamental et à la complexité² – voire, pour certains, réhabilitation du lamarckisme³.

À ces généticiens et biologistes moléculaires comptant la généalogie intellectuelle d'un champ qu'ils participent ainsi à délimiter, institutionnaliser et renouveler, se sont adjoints, à partir de la fin des années 1960, des sociologues et historiens, tels Robert Olby puis Robert Kohler. Au récit standard fait de progrès, de percées et d'arrachement à un contexte pour dégager des savoirs de plus en plus exacts, ils ajoutent d'autres récits en termes d'émergence de communautés et de dynamiques institutionnelles, sociopolitiques et culturelles.

Les enquêtes historiennes menées depuis ont ainsi montré que, loin d'être un moine isolé, Mendel était parfaitement au fait des enjeux scientifiques de son temps et s'inscrivait dans un collectif de sélectionneurs et rationalisateurs de l'agriculture et de l'industrie de la Moravie, alors une des régions les plus dynamiques d'Europe⁴. Réalisant qu'Hugo De Vries, l'un des « redécouvreurs » des lois de Mendel, ou Wilhelm Johannsen, l'inventeur des mots « gène » et « génotype », ne furent pas vraiment investis dans des programmes expérimentaux d'hybridation, les historiens ont établi le rôle – aussi central que les croisements mendéliens – des pratiques de purification et standardisation des organismes (comme du concept de lignée pure) dans l'émergence de la génétique dite « classique⁵ ». Apparaît alors l'importance, comme terreau des nouvelles façons de connaître et manipuler l'hérédité au début du xx^e siècle, d'entrepreneurs enthousiastes de la manipulation industrielle du vivant, de la rationalisation de l'agriculture et de l'amélioration des populations humaines⁶. L'histoire de la génétique dite « classique » peut alors être fructueusement inscrite dans celle, plus large, des projets de rationalisation du vivant, recouvrant

1. Keller 2003.

2. Barnes et Dupré 2008.

3. Jablonka et Lamb 1995.

4. Wood et Orel 2005.

5. Bonneuil 2015a.

6. Paul et Kimmelman 1988, Paul 1995.

à la fois des similarités transnationales et des singularités nationales. L'exploration des similarités permet d'envisager la génétique comme fille de la seconde révolution industrielle et de l'enrôlement du vivant dans la production de masse, et comme élément de la « révolution du contrôle » et des grandes organisations – celle qui inaugure de nouvelles formes de gestion de l'information¹ et de biopolitique au siècle des États modernisateurs². L'analyse comparative des contextes nationaux fait ressortir la grande diversité des programmes expérimentaux de connaissance et d'optimisation génétique, et leur production conjointe avec des projets biopolitiques contrastés, tant en direction des humains que des non-humains³. L'étude de l'amélioration génétique du porc menée par Tiago Saraiva illustre ainsi le contraste entre le projet autarcique d'un régime nazi privé de colonies, visant un porc bien gras et patriotique, valorisant les produits du sol allemand (betterave, pomme de terre...), et celui des sélectionneurs américains en quête d'un porc idéal plus maigre et plus « mondialisé » du fait de la concurrence des matières grasses végétales tropicales dans l'alimentation animale et humaine⁴. L'analyse des projets de recherche et de rationalisation génétique des humains, microbes, plantes et animaux offre ainsi une fenêtre privilégiée pour comprendre la fabrique des différents régimes politiques du xx^e siècle et décroiser l'histoire des sciences en l'intégrant aux grands objets de l'histoire du siècle.

Quant à l'idée du caractère fondamental et universel de la biologie moléculaire promue par les narrations historiques de ses praticiens, elle n'a pas non plus résisté à la multiplication des investigations mobilisant les archives. La mise en avant de la biologie moléculaire et de la théorie synthétique de l'évolution comme sciences neutres en surplomb du politique et de leur époque est justement le fruit du contexte idéologique et culturel d'après 1945 : il s'agit alors pour les généticiens de se distancier de la biologie raciale aux impacts moralement répugnants de l'Allemagne nazie, d'exorciser un passé eugéniste et de rejeter le lyssenkisme. Tandis que l'Unesco affirme fermement l'absence de fondement scientifique aux théories raciales⁵, Luis Campos note aussi une mise en veilleuse du discours baconien et démiurgique des généticiens qui avait été, dans la première moitié du siècle, prolixe en promesses de refaire des êtres vivants plus performants⁶. Après les projets de créer de nouveaux êtres

1. Thurtle 2007.

2. Cf. Edgerton (dans ce volume, p. 67).

3. Flitner 2003.

4. Saraiva 2016.

5. Cf. Lipphardt (dans ce volume, p. 253).

6. Campos 2009, Endersby 2013.

par purification, croisement planifié ou mutagenèse (projet formulé par De Vries dès 1901), la biologie moléculaire a en effet émergé d'un projet de contrôle technologique de la vie porté par la Fondation Rockefeller, qui apporte 90 millions de dollars entre 1932 et 1959, finançant presque tous les futurs prix Nobel du domaine¹. Son directeur pour les sciences de la nature, le physicien Warren Weaver qui forge en 1938 l'expression de « biologie moléculaire », explique la Grande Dépression de 1929 par un sous-développement des savoirs sur l'homme, sa biologie et sa psychologie, au regard des savoirs accumulés sur la matière. Il écrit :

Est-ce que l'homme peut acquérir un contrôle rationnel de son propre pouvoir ? Pouvons-nous développer une génétique si sûre et si complète que nous puissions espérer produire dans le futur des hommes supérieurs ? [...] Pouvons-nous libérer la psychologie de sa confusion et de son inefficacité présentes, et la transformer en outil que chaque homme pourrait utiliser dans sa vie de tous les jours [...] pour rendre sa conduite raisonnable² ?

Les enquêtes historiennes établissent aussi que, loin de dériver en droite ligne de la génétique du début du siècle, la biologie moléculaire s'est constituée dans un paysage technologique riche de collaborations entre science et industrie en vue de comprendre et agir sur les processus biologiques au niveau moléculaire³. Aux États-Unis, la recherche sur les vitamines est tirée par l'USDA et l'industrie agroalimentaire, tandis que General Electrics ou Radio Corporation of America s'intéressent à l'amélioration des plantes. En Europe du Nord, le laboratoire de recherche industrielle de Carlsberg est un haut lieu de la biochimie, tandis que Theodor Svedberg à Uppsala tisse des liens industriels étroits pour développer l'ultracentrifugation et l'analyse biochimique du fonctionnement cellulaire. En Allemagne, le Kaiser-Wilhelm Institut für Biochimie collabore avec l'industrie pharmaceutique pour l'étude et la commercialisation des hormones sexuelles⁴, tandis que d'autres instituts s'attellent à la biochimie et à la synthèse de matières premières faute d'empire colonial. Un intense trafic entre recherche et contexte d'application se noue également dans des hôpitaux comme l'Institut Rockefeller à New York où Avery montre que les gènes sont constitués d'ADN en 1944, ainsi qu'à l'Institut Pasteur où travaillent François Jacob et Jacques Monod. C'est dans ce paysage scientifico-industriel qu'une nouvelle armada

1. Müller-Wille et Rheinberger 2012 (p. 168).

2. Cité par Morange 1994 (p. 107). Voir Kay 1993.

3. Müller-Wille et Rheinberger 2012 (p. 162-168).

4. Gaudillière (dans ce volume, p. 85).

technologique (ultracentrifugation, électrophorèse, rayons X, microscopie électronique puis radio-isotopes) est déployée à partir des années 1920 pour étudier (et transformer en produits pharmaceutiques ou alimentaires) les vitamines, les hormones, les virus, les anticorps, les enzymes, puis l'ADN. Cette exploration des pratiques matérielles et des dispositifs conduit à envisager la dynamique de recherche en génétique et biologie moléculaire en termes de « systèmes expérimentaux » contenant (au double sens d'un portage et d'un cadrage) les objets épistémiques. Du « réacteur drosophile » étudié par Robert Kohler aux systèmes *in vitro* de la biologie moléculaire analysés par Hans-Jörg Rheinberger, ces systèmes expérimentaux déploient leur productivité en cadrant les voies d'investigation tout en constituant la toile sur laquelle de nouveaux phénomènes apparaissent, d'abord comme anomalies, puis comme objets et instruments de recherche¹. Mouches, vers, souris, arabettes et autres organismes modèles de la génétique sont alors plus que des objets de savoir – des réactifs, des formes incorporées du savoir génétique lui-même.

Par des études de cas et des comparaisons transnationales, les travaux des années 1990 et 2000 montrent aussi que, loin d'être une simple « réception » nationale d'un programme disciplinaire préexistant, le développement de la biologie moléculaire implique, dans chaque pays, de nouveaux agencements et de nouvelles identités. Ces travaux diffractent ainsi la biologie moléculaire en plusieurs histoires nationales connectées mais singulières, insérant les nouvelles façons de connaître la vie dans les histoires nationales, politiques et sociales de l'après-guerre².

Enfin, les travaux des historiens sur la biologie de synthèse ont permis d'en tracer les racines dans les biotechnologies des années 1970, mais aussi dans des projets plus anciens de synthèse du vivant (l'expression « biologie de synthèse » date de 1912³). Si l'ère des biotechnologies et des bio-industries est aujourd'hui mise au second plan par certaines narrations historiques « repurifiantes⁴ », elle fait l'objet de nombreux travaux de sociologues, historiens, anthropologues et politistes⁵. Quant au tournant postgénomique et épigénétique, il est propice à déplacer le regard et pourrait bientôt conduire à relire les débats sur l'hérédité acquise et les actions héréditaires de l'environnement et de la nutrition, fort vifs dans la première moitié du siècle, avec un éclairage différent de ceux donnés quand la biologie moléculaire triomphait. La dramatisation de la crise

1. Kohler 1994, Rheinberger 1997.

2. Gaudillière 2002, Strasser 2002.

3. Campos 2009 ; voir aussi Bud 1993.

4. Telles Barnes et Dupré 2008.

5. Un ouvrage récent est Rasmussen 2014.

actuelle du gène ne doit cependant pas masquer que le génocentrisme reste puissamment opératoire dans le contexte aussi bien expérimental, industriel que légal (brevet) et réglementaire.

Le récit qui suit s'attache à proposer une histoire culturelle de la façon dont la génétique a constitué le vivant et les gènes en objets de savoir, de discours et d'intervention.

De l'hérédité à la génétique

Dans un monde linnéen, la transmutation des espèces était non seulement une hérésie, mais aussi une impossibilité logique car, sans immutabilité de l'espèce, explique Kant, il ne resterait qu'un monde instable où il serait impossible de classer et de penser. En allongeant le temps de la vie et de la Terre, les sciences du XIX^e siècle font tomber ces frontières : pour Darwin, la frontière d'espèce n'est qu'une frontière de variété qui se serait creusée et la vie est un flot continu de variation, un « réseau inextricable d'affinités¹ ». La biologie construit un regard historique et processuel sur le vivant², et donc sur l'hérédité pensée comme une force, une mémoire empreinte de l'influence du milieu et du poids du temps. Les hommes descendent du singe et pourraient y revenir sans l'action d'une sélection continue, et les enfants de génies retournent à la médiocrité, illustrant à quel point l'excellence n'est jamais acquise. Ainsi, dans la théorie galtonienne de l'hérédité, si les enfants de génies régressent vers la médiocrité, c'est parce que les gemmules porteuses de l'hérédité se sont tant exprimées dans l'organisme parent qu'elles sont fatiguées et moins capables de concurrencer les éléments restés latents lorsqu'il s'est agi de se transmettre à la descendance... D'où la « difficulté constatée par les sélectionneurs à maintenir un trait d'élite d'une variété s'il est apparu par accident » et l'idée que « les races existantes ne sont maintenues à leur niveau que par l'action sévère de la sélection³ ».

Tout comme la fragilité de l'ordre après la découverte de l'entropie, cette hérédité « molle » des biologistes, biométriciens et sélectionneurs de la fin du XIX^e siècle fait écho à une angoisse face à la montée des classes populaires et de la société de masse. Elle témoigne aussi d'une conception dans laquelle l'hérédité ne se durcit qu'avec l'action du temps et du milieu : hérédité, culture et environnement participent du même

1. Darwin 1859 (p. 434).

2. Thurtle 2007.

3. Galton 1876 (p. 339-340).

processus gouvernant la continuité et la variation des êtres à travers les générations.

C'est en rupture franche avec ce monde de l'hérédité historique, processuelle, molle et poreuse à l'environnement que se pose la génétique du début du ^{xx}^e siècle. Elle y oppose une vision structurale, combinatoire, dure, autiste vis-à-vis de l'environnement, et a-historique de l'hérédité.

Premièrement, en effet, la nouvelle génétique se veut a-historique. La structure¹ y prime sur le temps et le transcende. Haro sur la variation continue et trop lente de l'évolution et vive la variation brusque obtenue sur commande (cf. les mutations et saltations de De Vries et la quête d'une évolution expérimentalement dirigée²)! Dans un célèbre article où il expose la « conception moderne de l'hérédité », Wilhelm Johannsen conçoit le génotype comme une « structure physico-chimique ». Alors que Nägeli, Weismann et tant d'autres biologistes du siècle précédent insistaient sur la dimension processuelle du développement, de l'hérédité et du germplasma lui-même, celui-ci, selon Johannsen, « réagit exclusivement en fonction de son état réalisé, non de l'histoire de sa création » ; la nouvelle génétique est

une vision a-historique des réactions des êtres vivants [...] analogue à celle de la chimie [...] ; les substances chimiques n'ont pas de passé compromettant, H₂O reste toujours H₂O, et réagit toujours de la même manière, quoi qu'il en soit de l'histoire de sa formation ou de l'état antérieur de ses éléments³.

Dans cette conception, l'hérédité ne s'accumule plus avec le temps ; elle est question de combinaison : « Cette force mystérieuse [de l'atavisme] n'existe pas », l'atavisme est en réalité une situation de « recombinaison identique de facteurs héréditaires [récessifs]⁴ », déclare le sélectionneur Philippe de Vilmorin ; « une race pure pour un caractère n'est pas, comme l'on croyait autrefois, celle qui possède une longue lignée d'ancêtres ayant ce caractère ; c'est tout simplement une race dans laquelle le caractère est produit par l'union de deux gamètes de même sorte⁵ ».

Deuxièmement, cette sortie de l'histoire est aussi une sortie du lien d'engendrement et de transmission. Si l'on rapporte cette mutation des conceptions de l'hérédité au cadre analytique des différentes « cités de

1. Gayon 2000.

2. Endersby 2013.

3. Johannsen 1911 (p. 139).

4. Vilmorin et Meunissier 1913, cités par Bonneuil 2015a.

5. Meunissier 1910 (p. 13), cité par Bonneuil 2015a.

justice » proposé par Luc Boltanski et Laurent Thévenot¹, on peut noter que la vision de l'hérédité de l'âge de Darwin relève plutôt de la *cité domestique* tandis que celle de la nouvelle génétique participe de la *cité industrielle*. Suivant la théorie de la séparation des plasmas germinatif et somatique², on ne considère plus que le parent transmet un trait ou son déterminant à sa progéniture (transmission qui dans la cité domestique implique une dette personnelle, une inscription dans l'histoire) mais que seules les lignées germinales sont en relation de continuité, donnant à chaque génération un organisme, comme une tige surgissant d'un rhizome. Dès lors, « l'hérédité peut se définir comme la présence ou l'absence de gènes identiques chez les ascendants et les descendants³ ». Ainsi définie, l'hérédité est séparée des autres dimensions (phénotypique, symbolique, dynamique, historique, culturelle) de la chaîne génésique liant les êtres à travers les générations. Cette mutation recoupe aussi les analyses culturelles de Jean Baudrillard sur l'industrialisation des univers de production et de consommation. Dans l'univers préindustriel, l'origine d'un produit, son authenticité était une propriété qui contribuait à lui donner son sens et à signifier le statut social de son détenteur. Mais

c'est une nouvelle génération de signes et d'objets qui se lève avec la révolution industrielle. Des signes sans tradition de caste, [...] d'emblée produits sur une échelle gigantesque. Le problème de leur singularité et de leur origine ne se pose plus : la technologie est leur origine, ils n'ont de sens que dans la dimension du simulacre industriel. C'est-à-dire la série. C'est-à-dire la possibilité même de deux ou de n objets identiques. La relation entre eux n'est plus celle d'un original à sa contrefaçon, ni analogie ni reflet, mais l'équivalence, l'indiff rence⁴.

Suivant Baudrillard, on peut dire que l'hérédité entre dans l'ère de la série industrielle, lorsque la nouvelle génétique substitue à l'histoire « verticale » – faite d'engendrement, d'empreintes et de compétitions – une logique « horizontale » de recombinaisons et d'assemblages identiques de gènes.

L'hérédité aristocratique, où l'excellence est précieuse parce que rare et nécessitant des soins permanents ( tiquette, choix matrimoniaux, etc.), cède la place à une hérédité industrielle. Inscrite dans le marbre du « génotype », l'excellence doit à présent pouvoir être produite en masse et de façon assez stable pour voyager dans de vastes marchés, à la façon

1. Boltanski et Thévenot 1991.

2. Weismann 1892.

3. Johannsen 1911 (p. 159).

4. Baudrillard 1975 (p. 85).

de la première bière industriellement produite en 1883 par Carlsberg, fermentée par un clone de levure issu d'une unique cellule. À la façon des vaccins eux aussi produits à grande échelle et dont l'efficacité et l'innocuité doivent être constantes. À la façon aussi des lignées de drosophiles cultivées par centaines au laboratoire de Morgan ou des variétés de blé aux qualités standards produites par les grandes stations de sélection et requises par les Grands Moulins, puisque « l'idéal pour l'industrie est d'opérer sur des produits dont la nature est bien définie et toujours identique¹ ».

Troisièmement, c'est dans ce mouvement très large de standardisation industrielle que la pureté génétique des êtres devient une quête et une norme centrale de tout savoir légitime sur l'hérédité. Pour Johannsen, « l'étude du comportement des lignées pures est le fondement de la science de l'hérédité, bien que la plupart des populations – notamment la société humaine – ne consiste nullement en lignées pures² ». C'est cette quête de pureté qui permet de révéler l'existence de types discrets, de lignées aux caractéristiques stables, là où la biologie et les sélectionneurs du XIX^e siècle voyaient un continuum agi par l'environnement. Peu après 1900, de nouveaux concepts et vocables apparaissent : ceux, proposés par Johannsen, de « lignée pure » ou de « biotype » ; ceux de « clone », avancé dès 1903 par le sélectionneur américain Webber, ou de « variété clonale », imaginé en 1912 par Shull, père du maïs hybride. Tous cherchent « un terme qui inclurait les séries de formes génotypiquement identiques³ » quel que soit leur mode d'engendrement (reproduction végétative, parthénogenèse, division cellulaire, autogamie, hybrides F1).

Cette prolifération de concepts et de pratiques visant l'homogénéité génétique ne saurait se réduire à la rigueur toujours nécessaire pour faire science ; elle traduit l'entrée du vivant (vaccins, fermentations, agroalimentaire) dans l'univers industriel : de nouvelles formes de vie, génétiquement stables et prévisibles, sont produites car elles se prêtent mieux à la rationalisation des processus de production, à l'allongement des filières et aux enjeux de propriété industrielle. Pour illustrer cette matrice commune de la rationalisation industrielle des bio-industries et de la naissance de la génétique, notons que Wilhelm Johannsen est assistant au laboratoire de la brasserie Carlsberg entre 1881 et 1887, précisément lorsque s'y met au point ce processus industriel de fabrication de bière issue de lignée pure de levure. Rien de surprenant à ce que Johannsen ait ensuite appliqué aux

1. Blaringhem 1905 (p. 362), cité par Bonneuil 2015a.

2. Johannsen 1903 (p. 9).

3. Jennings 1911 (p. 842), cité par Bonneuil 2015a.

végétaux de telles méthodes de purification et soit devenu le promoteur de la notion de lignée pure et de la quête, sous la fluctuation continue des apparences (phénotypes), de la variation discrète de structures profondes homogènes et stables (génotypes).

Quatrièmement, la pénétration de nouvelles pratiques issues des grandes organisations industrielles, techniques ou bureaucratiques ne se limite pas à la standardisation et à la pureté. Concomitante de l'essor d'une biologie expérimentale s'opère une industrialisation des pratiques de connaissance en biologie, dans les hôpitaux, les enquêtes statistiques ou anthropobiologiques, les stations agronomiques et les laboratoires. Le travail scientifique porte en effet sur de grandes quantités d'entités avec un usage croissant des statistiques. Sélectionneurs, médecins et de biologistes vantent désormais les mérites de l'accumulation de données en masse. Le directeur du laboratoire d'amélioration des plantes de l'USDA entonne le credo du *systematic plant breeding* dans les années 1890 et de la « nécessité de travailler avec de grands nombres » afin d'accroître la « probabilité de sélectionner et obtenir le résultat désiré¹ ». Son collègue Willet M. Hays, futur sous-secrétaire à l'Agriculture, met au point plusieurs outils et méthodes, telle la *centgener method* pour industrialiser la sélection du blé, et estime que « le travail d'amélioration d'une espèce peut être entrepris d'une façon aussi systématique et effective que la manufacture de machines à coudre² ». Il s'agit dans les stations agronomiques, pour rendre comparables les caractéristiques de milliers de lignées suivies parallèlement, de les traiter chacune de façon rigoureusement identique (homogénéisation parfaite de la distance et profondeur de semis, du sol par l'apport d'engrais, du développement par organisation « industrielle » du désherbage en ligne, etc.). Soumettre des milliers d'entités à une observation systématique implique aussi un personnel nombreux, une division du travail et des formes dépersonnalisées d'organisation de l'information propres à la « révolution du contrôle » et au *system management* qui se déploient au tournant du siècle dans les entreprises ferroviaires et de vente par correspondance, l'armée, les administrations et hôpitaux, les bibliothèques. Systèmes d'écriture simplifiés recourant aux symboles, répertoires munis d'index et de références croisées, dactylographie sur feuilles volantes et multiples, fiches cartonnées déplaçables dans un système de fichiers verticaux³. Hugo De Vries souligne ce lien entre la nouvelle science de l'hérédité et le travail « à grande échelle », et vante

1. Webber 1895 (p. 54), cité par Bonneuil 2015a.

2. Hays 1905 (p. 177), cité par Bonneuil 2015a.

3. Yates 1989.

« l'ampleur quasi incroyable du *book-keeping* (tenue de registre, inscriptions) » mis en œuvre à la station de sélection de Svalöf en Suède avec laquelle lui comme Johannsen sont en liens étroits¹.

Un laboratoire universitaire comme celui de Morgan à l'université Columbia n'échappe pas à cette rationalisation industrielle. Peut-être inspiré par la réorganisation de la bibliothèque de cette université par Dewey, le groupe de Morgan utilise des fiches cartonnées amovibles pour noter les propriétés des souches ou les résultats des croisements. Surtout, il se transforme entre 1905 et 1918 – à la même époque que les ateliers de production de Ford à Rouge River –, passant d'un laboratoire général de biologie où chacun travaille sur plusieurs espèces différentes à une plateforme d'investigation intensive et systématique d'un seul organisme qui génère à vive allure – une nouvelle génération tous les douze jours – des mutations aisément détectables quand on travaille à grande échelle. La température et l'humidité sont parfaitement contrôlées, et les lignées font l'objet d'une ingénierie pour standardiser leur taux de *crossing-over*. Le « réacteur drosophile » est un « système de production » de nombreux mutants et de nouvelles questions qui conduisent Morgan à changer de système de classification des mutations et à passer d'une perspective d'évolution expérimentale à une perspective de cartographie postmendélienne². Les investigateurs – Morgan, Bridges, Sturtevant, Müller puis d'autres – se divisent le travail, chacun produisant des centaines de briques d'information, assemblées dans les cartes chromosomiques. Celles publiées entre 1919 et 1923 sont issues de la manipulation de 13 à 20 millions de mouches.

Le nombre d'espèces étudiées annuellement dans les articles de la revue *American Naturalist* chute d'environ 400 vers 1870 à une centaine vers 1940. Cette réduction du nombre d'organismes pris pour objets par les biologistes au profit de l'étude intensifiée d'un petit nombre d'espèces modèles³ prépare une nouvelle biomédecine⁴ et une nouvelle biopolitique végétale et animale⁵ dans les espaces agricoles. La quête de formes homogènes de vie s'inscrit dans le système expérimental de la station agronomique et sa culture épistémique, une « agronomie des preuves » où le design expérimental est associé à une analyse statistique poussée. C'est dans ces théâtres de la preuve agronomique où l'on expérimente

1. De Vries 1907 (p. 48 et 79).

2. Kohler 1994 (p. 49).

3. Bruno Strasser, communication personnelle.

4. Rader 2004, Gaudillière 2002.

5. Concernant la biopolitique humaine, voir dans ce volume les contributions de Veronika Lipphardt (p. 253) et de Sarah Franklin (p. 211).

en veillant à varier un seul paramètre à la fois que l'homogénéisation génétique prend tout son sens. Promouvoir un petit nombre de variétés homogènes, c'est aussi rendre plus lisible et gouvernable le monde rural pour l'État et ses experts. La norme de variétés « distinctes, homogènes et stables » va donc s'imposer dans les modernisations agricoles du xx^e siècle, de la bataille du blé de l'Italie fasciste à la « révolution verte » au Sud, en passant par le maïs hybride F1 états-unien ou la loi nazie de 1934 sur les semences. Cette dernière, en autorisant l'administration à mettre hors la loi des variétés jugées improductives ou sensibles aux maladies, sera imitée dans plusieurs pays (en France dès 1942) et préfigurerait l'actuel catalogue européen des semences¹.

Du pangène au gène

Dans le dernier tiers du xix^e siècle domine l'idée d'une hérédité portée par des particules, présentes dans les gamètes et assemblées dans l'œuf pour former un individu adulte, déterminant des ressemblances non seulement avec tous les individus de son espèce, mais aussi avec ses ascendants directs. Ces particules sont les « gemmules » de la théorie pangénétique de Darwin (1869) et de la « théorie de l'hérédité » de Galton en 1876, les « biophores » de Weismann, les *Anlagen* de plusieurs auteurs après Mendel, les « idioplasmes » de Nägeli, les « pangènes » de De Vries, etc., avant que ne s'impose le vocable de « gènes » proposé par Johannsen en 1909.

Mais qu'y a-t-il de commun entre les gemmules de la théorie pangénétique de Darwin et Galton et les gènes couronnés par la génétique « moderne » du début du xx^e siècle ? Alors que les gemmules étaient de véritables organoïdes capables de migrer dans tout l'organisme, d'apprendre ou de se fatiguer, les gènes sont enfouis dans le noyau de la lignée germinale – et n'apprennent plus rien de l'environnement ou de l'expérience de l'organisme. Alors que l'espèce prenait place dans le grand livre historique de l'évolution et que la gemmule menait une vie aventureuse et riche dans le maelström de la vie, le gène apparaît comme une brique inerte insécable et recombinaisonnable, dont on cherche les fréquences et les combinaisons comme bases sous-jacentes de la diversité, l'évolution, l'amélioration et la stabilisation des vivants. Leur mode d'existence est semblable à celui d'un Lego standardisé dans une infrastructure industrielle modulable ou d'une carte mobile d'un système de fichiers verticaux.

On peut schématiser quatre aspects de cette nouvelle éthologie des

1. Saraiva 2016, Bonneuil et Thomas 2009.

particules héréditaires. Premièrement, un nombre croissant de biologistes et sélectionneurs rompent après les années 1880 avec une conception physiologique d'un équilibre entre les traits d'un organisme pour concevoir l'organisme comme un ensemble de caractères que l'on peut sélectionner séparément en vue d'associer deux traits auparavant vus comme antagonistes. « L'organisme est une collection de traits. Nous pouvons retirer le caractère jaune et brancher [*plug in*] le vert, retirer la hauteur et brancher le nanisme », claironnait ainsi William Bateson¹. Avant même la redécouverte des lois de Mendel s'affirme l'idée que chaque type de particule héréditaire détermine un trait bien discret et peut se transmettre indépendamment².

Deuxièmement, le gène n'est plus un vagabond : en tant qu'unité de transmission, loin de circuler librement dans l'organisme, il est cantonné depuis la théorie de la « pangenèse intracellulaire » de De Vries en 1889 au noyau des cellules, et depuis la théorie de Weismann en 1892 à la lignée germinale. Tous deux invoquent l'argument de la division du travail pour justifier leur hypothèse. Weismann compare les cellules somatiques à des unités de l'armée n'ayant pas besoin de l'ensemble du bagage génétique pour accomplir leur fonction précise³. De même De Vries déclare-t-il que « la transmission est une fonction du noyau, le développement la mission du cytoplasme⁴ ». Cette séparation de la vie en un domaine du stockage et un domaine de l'actualisation contribue à la coupure, analysée plus haut, de l'hérédité et de l'histoire comme de l'environnement. En 1973 encore le biologiste moléculaire Salvador Luria séparera « la vie en action », relevant de la biologie moléculaire, de « la vie dans l'histoire », relevant de la génétique des populations et de la biologie évolutive⁵.

Troisièmement, on assiste à une dévitalisation des particules héréditaires. Alors qu'avant 1892 les pangènes ou biophores de De Vries et de Weismann pouvaient se nourrir, croître et se multiplier. Mais en 1894, De Vries adopte la métaphore des boules de Quételet, les reprend en 1896 pour rendre compte du ratio (dit « mendélien ») obtenu en deuxième génération de ses croisements. L'hérédité devient ainsi plus une question de tirage et recombinaison de boules inertes que de croissance, circulation et compétition entre corpuscules dynamiques. Finalement, en conjonction avec le courant mendélien, De Vries abandonne en 1903 sa conception antérieure de pangènes pouvant changer d'état, de nombre ou de nature pour en faire des unités figées et indépendantes dans une

1. Bateson 1902, cité par Allen 2003 (p. 67).

2. Voir notamment De Vries 1889.

3. Weismann 1892 (p. 40-41).

4. De Vries 1889 (p. 194).

5. Luria 1973.

structure génétique modulaire¹. Limités à deux exemplaires seulement par cellule somatique, deux « allèles² », les gènes de la génétique classique voient donc bientôt leur existence réduite à trois paramètres seulement : présence / absence, dominant / récessif, puis position sur le chromosome.

Ce concept de gène-Lego donne naissance dans les années 1920 à la notion de « ressources génétiques », mise en avant par Nicolai Vavilov et ses collègues en Union soviétique. Vavilov, formé par Bateson, entreprend, dans le cadre du projet impérial soviétique, de collecter les races et variétés du monde entier. En 1940, la collection de l'institut de Vavilov à Leningrad ne comprend pas moins de 250 000 accessions. Vavilov entend par ses collectes « trouver les éléments de base, les “briques et le ciment” [les gènes] [...] pour posséder le matériau initial de l'amélioration des plantes et des animaux [...] pour la construction de la machinerie moderne³ ». La vision de la biodiversité comme stock de gènes inertes et indépendants que l'on peut conserver *ex situ* dans des « banques de gènes » est héritière de cette entreprise. On la retrouve au cœur de la « révolution verte », puis de la Convention sur la diversité biologique adoptée à Rio en 1992. Celle-ci se donne en effet pour objectif (art. 1^{er}) « la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques, notamment grâce à un accès satisfaisant aux ressources génétiques ».

Le gène-programme, planificateur en chef de la cellule-usine

Les nouveaux instruments et méthodes de la biochimie et biophysique de l'entre-deux-guerres, à commencer par l'ultracentrifugation et l'électrophorèse, tendent à discrétiser le cytoplasme, le faisant entrer lui aussi dans de nouveaux imaginaires modulaires et de nouveaux modes opératoires industriels. Les « colloïdes » cèdent le premier rôle cellulaire aux enzymes et autres protéines, comme les gènes avaient atomisé le germoplasme⁴. De l'hypothèse « un gène-une enzyme » de Beadle et Tatum en 1941 à l'élucidation du « code génétique » dans les années 1960 en passant par la mise en évidence de la structure en double hélice de l'ADN, le gène acquiert une nature tangible de molécule chimique informationnelle⁵. De

1. Stamhuis *et al.* 1999 (p. 247-259).

2. Dans le cas le plus général, des organismes diploïdes.

3. Vavilov 1931, Flitner 2003.

4. Müller-Wille et Rheinberger 2012 (p. 166).

5. Morange 1994, Müller-Wille et Rheinberger 2012 (p. 161-186).

structure, l'hérédité se fait aussi « message » en synergie – faite aussi de malentendus – avec l'essor de la théorie de l'information et de la cybernétique¹. Les protéines ainsi « codées », avec la notion de spécificité selon une analogie préhensive (clé-serrure), œuvrent « exactement comme des machines-outils », « disposées dans une chaîne de production pour une vitesse optimale et un rendement efficient². » Ni le hasard, ni l'histoire, ni la compétition n'ont droit de cité dans l'espace productif cellulaire ainsi envisagé. En bonne logique fordiste, le « dogme central » (Crick) de la biologie moléculaire considère que l'information ne circule que du sommet à la base, de l'ADN aux protéines, selon le modèle de l'instruction. Jacob et Monod interprètent leurs travaux sur l'opéron de façon à conclure non pas à une régulation des gènes par l'environnement mais à un « mécanisme génétique de régulation » en quelque sorte déjà prévu dans le hardware du génome³. Chaque gène code pour la production en masse d'une seule protéine agissant avec le « fonctionnement rigide d'une machine métallique avec rouages, engrenages et pistons⁴ ». Et quelques « gènes régulateurs » gouvernent le développement de l'organisme avec la précision d'horloger d'un servosystème cybernétique conduisant un missile vers sa cible : « Le génome contient non seulement une série de plans, mais aussi un programme coordonné de synthèse des protéines, ainsi que les moyens de contrôler son exécution⁵. » Dans la France planiste plus encore qu'ailleurs, la cellule-usine de l'âge fordiste semble s'activer sous le contrôle des gènes constituant le programme et l'ingénieur en chef. Mais c'est l'évolutionniste américain Ernst Mayr qui introduit la notion de « programme génétique » en 1961 et affirme que le « code de l'ADN [...] est le programme de l'ordinateur comportemental de cet individu⁶ ».

Forte de nouveaux outils de « copier-coller » moléculaire, le génie génétique hérite de la notion mendélienne de « recombinaison » de gènes dont l'assemblage est à optimiser en greffant des gènes un à un – d'où le terme d'« ADN recombinant », mais aussi de l'imaginaire du gène-programme. Il s'agit en effet d'« asservir n'importe quel être vivant à l'exécution d'une partie du programme génétique d'un autre être vivant⁷ ». Avec la manipulabilité du gène et son interopérabilité d'une espèce à l'autre, et dans un contexte plus libéral que celui de l'après-guerre, le gène devient, dans les années 1980, unité d'appropriation intellectuelle

1. Kay 1993.

2. Luria 1973 (p. 67).

3. Keller 2003 (p. 79).

4. Monod 1965 (p. 8).

5. Jacob et Monod 1962 (p. 354).

6. Mayr 1961 (p. 1504).

7. Kahn 1996 (p. 16).

(brevet de séquence) et actif d'une nouvelle bioéconomie¹. La biologie de synthèse des dernières années radicalise ce programme en prétendant, comme De Vries ou Davenport il y a un siècle, faire mieux que l'évolution, en refabriquant sur mesure les génomes de nouveaux êtres.

C'est donc autour des imaginaires du plan, du programme et du contrôle, propres au milieu du xx^e siècle, qu'une biologie moléculaire « instructionniste » creuse la coupure surplombante du génome sur l'environnement qu'avait ouverte la génétique. Pour Monod, le programme génétique « est totalement, intensément conservateur, fermé sur soi-même et absolument incapable de recevoir quelque enseignement que ce soit du monde extérieur² ». En digne « grand » de la *cité industrielle* ³, le gène apparaît alors investi des prérogatives et du prestige du Plan dans les sociétés à économie régulée, ou de l'autorité de l'ingénieur des méthodes. Contrôler et commander les gènes, comme dans la course au génome humain des années 1990, les plantes transgéniques ou mutées brevetées, ou les chromosomes artificiels, semble la voie royale.

Le gène-réseau de la biologie postgénomique

Ces dernières années, les avancées de la biologie ont cependant bouleversé les paradigmes antérieurs du néodarwinisme et de la biologie moléculaire. Cette dernière a connu une recomposition massive des façons de travailler et des compétences mobilisées. L'automatisation et l'expérimentation à haut débit génèrent une foule de données nouvelles sur les profils d'expression coordonnée de milliers de gènes, à laquelle la bio-informatique est chargée de donner sens. De même que les chimistes et physiciens avaient apporté à la biologie moléculaire leurs outils (cristallographie, marqueurs radioactifs, etc.), leurs concepts (l'ADN comme molécule à part, ordonnée, permettant d'endiguer l'entropie selon Schrödinger) et leurs imaginaires (les feed-back et le code), les bio-informaticiens qui peuplent désormais les laboratoires de biologie apportent une nouvelle culture à la postgénomique (informatique, théorie des graphes pour analyser les propriétés topologiques des réseaux, imaginaire hypertextuel de l'Internet...) ⁴. On assiste alors à la dissolution totale ou partielle de la notion de gène (voir le projet Encode), à la mise en évidence de phénomènes épigénétiques transmis héréditairement, à la découverte

1. Thomas 2015.

2. Monod 1970 (p. 145).

3. Boltanski et Thévenot 1991.

4. Fujimura 2005.

du nouveau continent des micro-ARN, à un retour de la complexité et à la montée des approches réseaux (biologie des systèmes). Un nombre croissant de biologistes fustigent volontiers le génocentrisme et le réductionnisme passés et s'intéressent maintenant à des réseaux moléculaires complexes. Ils recherchent l'efficacité et la robustesse des processus biologiques dans des interactions systémiques et dynamiquement reconduites plutôt que par un ordre préexistant dans l'ADN. De la biologie moléculaire à la biologie systémique, on passe d'une ontologie substantielle à une ontologie relationnelle et, en termes d'économie morale, de la cité industrielle à la cité connexionniste par projet¹. La centralisation planiste perd son aura dans le regard des scientifiques sur le vivant comme dans le débat socio-économique. Déloyal à la machinerie productive de l'organisme, le gène semble même parfois jouer son propre jeu ; il devient « égoïste² ». Albert-László Barabási, le mathématicien des réseaux qui a joué un rôle clé dans la mise au jour des réseaux de régulation génétique, pousse même l'analogie avec le monde économique un cran plus loin :

Le modèle (hiérarchique) en arbre était bien adapté à la production de masse, qui était la clé du succès économique jusque récemment. Mais à présent, la valeur est dans les idées et l'information. [...] Face à une explosion de l'information et un besoin inégalé de flexibilité dans un marché en évolution rapide [...] les entreprises basculent d'un modèle organisationnel arborescent et optimisé vers un modèle en réseau évolutif et dynamique, offrant une structure de commandement plus malléable et flexible³.

La biodiversité, plus que réservoir de gènes, est aussi appréhendée comme un tissu bioculturel, dynamique et sans couture. Les anciens bornages, les anciennes compartimentations (entre variétés locales et variétés « améliorées », entre conservation et utilisation de la diversité, entre hérédité et environnement...) érigés par le modernisme génétique du xx^e siècle cèdent du terrain face à une exaltation hypermoderne de la connexion, et l'hybridité. On passerait donc d'une modernité figeant des entités tout en invoquant le débordement des frontières à une modernité visant à cartographier les continuums en réseau, à intensifier les liens, à en capter la valeur ajoutée.

Comme les entreprises, le vivant – de la cellule à l'écosystème en passant par l'individu – est évalué, moins sur sa performance en conditions réglées, stables et optimales, mais plutôt en fonction de sa capacité à s'ajuster à

1. Cette analyse est développée dans Bonneuil 2015*b*.

2. Dawkins 1976.

3. Barabási 2002 (p. 201-202).

des changements rapides et constants. À toutes ses échelles, le vivant est de plus en plus vu comme un système agile, adaptatif, complexe et réticulé, ce qui n'est pas sans faire écho à un nouvel ordre économique et social caractérisé par l'innovation perpétuelle, la connectivité et la spécialisation flexible. Le gène-programme rigide de la biologie moléculaire des années 1960 se réinvente flexible dans les réseaux d'interaction moléculaires de la biologie systémique¹. Autrefois vu comme domaine de l'« ADN poubelle », le nouveau continent des micro-ARN apparaît aujourd'hui comme une nouvelle sphère de régulations légères – évitant le coût métabolique de la production protéique. Les biologistes utilisent parfois explicitement pour le décrire des analogies avec les fonctions supérieures jouées par l'économie immatérielle (numérique, finance, assurance, innovation, etc.) dans le capitalisme contemporain.

Ces congruences sont-elles de simples coïncidences, de simples facilités métaphoriques pour rendre intelligibles les nouvelles avancées de la biologie ? Gageons que les travaux à venir identifieront, au Santa Fe Institute et ailleurs, entre les sphères de la nouvelle biologie, du management et de la finance, et des univers numériques, des circulations non seulement d'imaginaires, mais d'acteurs et de pratiques. Et qu'elles éclaireront autant la biologie contemporaine que les travaux historiens accumulés ont permis d'enrichir notre appréhension de la naissance de la génétique moderne ou de la biologie moléculaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN Garland E., 2003, « Mendel and Modern Genetics: The Legacy for Today », *Endeavour*, vol. 27, n° 2, p. 63-68.
- BARABÁSI Albert-László, 2002, *Linked: The New Science of Networks*, New York, Perseus.
- BARNES Barry et DUPRÉ John, 2008, *Genomes and What to Make of Them*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- BAUDRILLARD Jean, 1975, *L'Échange symbolique et la mort*, Paris, Gallimard.
- BOLTANSKI Luc et THÉVENOT Laurent, 1991, *De la justification. Les économies de la grandeur*, Paris, Gallimard.
- BONNEUIL Christophe, 2015a, « Pure Lines as Industrial Simulacra: A Cultural History of Genetics from Darwin to Johannsen », in Christina BRANDT, Staffan MÜLLER-WILLE et Hans-Jörg RHEINBERGER (dir.), *A Cultural History of Heredity*, t. 2: *Exploring Heredity*, Cambridge (MA), MIT Press.
- 2015b, « Une nature liquide ? Les discours de la biodiversité dans le nouvel esprit du capitalisme », in Frédéric THOMAS et Valérie BOISVERT (dir.), *Le Pouvoir de la biodiversité. Néolibéralisation de la nature dans les pays émergents*, Paris, Quæ, p. 193-213.
- BONNEUIL Christophe et THOMAS Frédéric, 2009, *Gènes, pouvoirs et profits*, Paris, Quæ.

1. Bonneuil 2015b.

- BUD Robert, 1993, *The Uses of Life: A History of Biotechnology*, Cambridge (MA), Cambridge University Press.
- CAMPOS Luis, 2009, « That Was the Synthetic Biology That Was », in Markus SCHMIDT *et al.* (dir.), *Synthetic Biology: The Technoscience and Its Societal Consequences*, Dordrecht, Springer, p. 5-21.
- DARWIN Charles, 1859, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*, Londres, John Murray.
- DAWKINS Richard, 2003 [1976], *Le Gène égoïste*, Odile Jacob.
- DE VRIES Hugo, 1889, *Intracellulare Pangenesis*, Iéna, Gustav Fischer.
- 1907, *Plant-Breeding*, Chicago (IL), Open Court.
- ENDERSBY Jim, 2013, « Mutant Utopias: Evening Primroses and Imagined Futures in Early Twentieth-Century America », *Isis*, vol. 104, p. 471-503.
- FLITNER Michael, 2003, « Genetic Geographies: A Historical Comparison of Agrarian Modernization and Eugenic Thought in Germany, the Soviet Union, and the United States », *Geoforum*, vol. 34, n° 2, p. 175-185.
- FUJIMURA Joann H., 2005, « Postgenomic Futures: Translations across the Machine-Nature Border in Systems Biology », *New Genetics and Society*, vol. 24, n° 2, p. 195-225.
- GALTON Francis, 1876, « A Theory of Heredity », *The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, p. 329-348.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul, 2002, *Inventer la biomédecine. La France, l'Amérique et la production des savoirs du vivant (1945-1965)*, Paris, La Découverte.
- GAYON Jean, 2000, « From Measurement to Organization: A Philosophical Scheme for the History of the Concept of Heredity », in Peter BEURTON, Raphael FALK et Hans-Jörg RHEINBERGER (dir.), *The Concept of the Gene in Development and Evolution*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 69-90.
- JABLONKA Eva et LAMB Marion, 1995, *Epigenetic Inheritance and Evolution: The Lamarckian Dimension*, Oxford, Oxford University Press.
- JACOB François et MONOD Jacques, 1961, « Genetic Regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins », *Journal of Molecular Biology*, vol. 3, p. 318-356.
- JOHANNSEN Wilhelm, 1903, *Erblichkeit in Populationen und in reinen Linien*, Iéna, Gustav Fischer.
- 1911, « The Genotype Conception of Heredity », *American Naturalist*, vol. 45, n° 531, p. 129-159.
- KAHN Axel, 1996, *Société et révolution biologique*, Paris, Éd. de l'INRA.
- KAY Lily E., 1993, *The Molecular Vision of Life: Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology*, Oxford, Oxford University Press.
- KELLER Evelyn Fox, 2003, *Le Siècle du gène*, Paris, Gallimard.
- KOHLER Robert E., 1994, *Lords of the Fly: Drosophila Genetics and the Experimental Life*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- LURIA Salvador, 1973, *Life: The Unfinished Experiment*, New York, Charles Scribner's Sons.
- MAYR Ernst, 1961, « Cause and Effects in Biology », *Science*, vol. 134, n° 3489, 10 novembre, p. 1501-1506.
- MONOD Jacques, 1965, « L'être vivant comme machine », tapuscrit de sa conférence lors des XX^e Rencontres internationales de Genève, 2 septembre, archives de l'Institut Pasteur, fonds Monod, MON Mss 4.
- 1970, *Le Hasard et la nécessité*, Paris, Seuil.
- MORANGE Michel, 1994, *Histoire de la biologie moléculaire*, Paris, La Découverte.

- MÜLLER-WILLE Staffan et RHEINBERGER Hans-Jörg, 2012, *A Cultural History of Heredity*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- PAUL Diane B., 1995, *Controlling Human Heredity, 1865 to the Present*, Atlantic Highlands (NJ), Humanities Press.
- PAUL Diane B. et KIMMELMAN Barbara A., 1988, « Mendel in America: Theory and Practice (1900-1919) », in Ronald RAINGER, Keith R. BENSON et Jane MAIENSCHEIN (dir.) *The American Development of Biology*, Philadelphie (PA), University of Pennsylvania Press, p. 281-310.
- PICHOT André, 1999, *Histoire de la notion de gène*, Paris, Flammarion.
- RADER Karen A., 2004, *Making Mice: Standardizing Animals for American Biomedical Research (1900-1955)*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- RASMUSSEN Nicolas, 2014, *Gene Jockeys: Life Science and the Rise of Biotech Enterprise*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- RHEINBERGER Hans-Jörg, 1997, *Toward a History of Epistemic Things: Synthesizing Proteins in a Test Tube*, Stanford (CA), Stanford University Press.
- SARAIVA Tiago, 2016, *Fascist Pigs: Technoscientific Organisms and the History of Fascism*, Cambridge (MA), MIT Press.
- STAMHUIS Ida H., MEIJER Onno G. et ZEVENHUIZEN Erik J.A., 1999, « Hugo De Vries on Heredity (1889-1903): Statistics, Mendelian Laws, Pangenesis, Mutations », *Isis*, vol. 90, n° 2, p. 238-267.
- STRASSER Bruno, 2002, « Institutionalizing Molecular Biology in Post-War Europe: A Comparative Study », *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 33, p. 515-546.
- STURTEVANT Alfred H., 1965, *A History of Genetics*, New York, Harper & Row.
- THOMAS Frédéric (dir.), 2015, *Le Pouvoir de la biodiversité. Néolibéralisation de la nature dans les pays émergents*, Paris, Presses de l'IRD.
- THURTLIE Phillip, 2007, *The Emergence of Genetic Rationality: Space, Time and Information in American Biological Science (1870-1920)*, Seattle (WA), University of Washington Press.
- VAVILOV Nicolai I., 1931, « The Problem of the Origin of the World's Agriculture in the Light of the Latest Investigations », in *Science at the Crossroads*, Londres, Frank Cass & Co. (<<http://www.marxists.org/subject/science/essays/vavilov.htm>>).
- WEISMANN August, 1892, *Die Kontinuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung*, Léna, Gustav Fischer, 2^e éd. complétée.
- WOOD Roger J. et OREL Vítězslav, 2005, « Scientific Breeding in Central Europe during the Early Nineteenth Century: Background to Mendel's Later Work », *Journal of the History of Biology*, vol. 38, p. 239-272.
- YATES JoAnne, 1989, *Control through Communication: The Rise of System in American Management*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.



15 Les théories fondamentales de la matière

SILVAN S. SCHWEBER
ET JEAN-MARC LÉVY-LEBLOND

Le 4 juillet 2012, les uns des journaux du monde entier firent état de la découverte du « boson de Higgs » au CERN, à Genève. Une semaine plus tard, dans une tribune publiée par le *New York Times*, Steven Weinberg, lauréat du prix Nobel dont les apports théoriques ont contribué à l'avènement de cette particule, posait la question suivante : « Pourquoi une telle couverture médiatique aujourd'hui alors que d'autres découvertes de particules élémentaires ont déjà eu lieu sans que l'on fasse autant de tapage ? » Il répondait que « cette particule fournit une clé essentielle pour comprendre comment toutes les autres particules élémentaires acquièrent leur masse ». Après avoir été imaginée en 1964 par plusieurs théoriciens, cette particule, qui serait plus justement dénommée boson BEH¹, peut être considérée comme la clé de voûte du « modèle standard » – comme on appelle la théorie aujourd'hui dominante qui décrit les particules élémentaires et leurs interactions. La découverte annoncée par le CERN couronne ainsi le succès de ce modèle, qui constitue l'un des grands accomplissements intellectuels du xx^e siècle. L'énorme quantité de données empiriques qu'il explique avec une grande précision, la gamme d'énergies qu'il couvre, la robustesse de ses présupposés dans son domaine de validité, attestent de son importance. Il conduit aussi, nous le verrons, à discuter la nature particulière et l'évolution de la connaissance scientifique en tant qu'activité sociale.

On ne saurait cependant ignorer des facteurs moins strictement scientifiques de la faveur médiatique qu'a connue le boson de Higgs. Il s'agit

1. « Boson BEH », d'après les initiales des noms de ses principaux inventeurs : Brout et Englert d'une part et Higgs d'autre part, indépendamment et simultanément – sans parler des contributions de Kibble, de Hagen et Guralnik, etc.

là en vérité d'un exemple particulièrement représentatif de la *big science* aujourd'hui en œuvre dans ce secteur de la physique : le LHC (Large Hadron Collider), accélérateur de particules du CERN (Centre européen de recherches nucléaires) à Genève, est une machine proprement gigantesque, logée dans un anneau souterrain de 27 kilomètres de circonférence, dont le coût est de l'ordre de 5 milliards d'euros. L'échelle humaine n'est pas moins impressionnante que l'échelle technique, puisque les articles annonçant la découverte étaient signés de plusieurs centaines de chercheurs, ce qui rendait la liste des auteurs et de leurs laboratoires presque aussi longue que le texte proprement dit. Plus de 3 000 expérimentateurs et ingénieurs ont été impliqués dans la construction d'ATLAS, l'un des deux détecteurs utilisés pour les expériences auprès du LHC ; et plus de 5 000 expérimentateurs d'une cinquantaine de pays collaborent à l'analyse des milliers de milliards de collisions dont ces détecteurs enregistrent les traces. Il est probable qu'aucun prix Nobel ne récompensera la découverte du boson de Higgs étant donné le nombre de personnes impliquées. De fait, le caractère remarquablement coopératif de l'entreprise constitue peut-être sa particularité première.

On conçoit donc aisément que les enjeux de visibilité institutionnelle, de prestige académique, de justification sociale et économique aient joué un rôle essentiel dans la publicité faite à cet événement – sans que cela diminue en rien son intérêt scientifique. Comment en est-on arrivé là ?

La physique fondamentale avant la Seconde Guerre mondiale

Vers la fin du XIX^e siècle, la physique avait pour double fondement la mécanique classique et la théorie des champs électromagnétiques. Mais elle échouait à rendre compte de la stabilité d'un système constitué de particules interagissant *via* les forces électriques, tels les atomes, ainsi que de la structure des radiations lumineuses émises par ces atomes, et de la nature des forces entre atomes expliquant la constitution des molécules¹. Pire encore peut-être, la théorie classique ne parvenait pas à expliquer le rayonnement des corps macroscopiques en fonction de leur température (métaux « chauffés au rouge » dans les forges, fours, etc.).

1. Nous concentrant ici sur la physique de la matière, nous laissons de côté l'autre grand problème rencontré à la fin du XIX^e siècle par la physique classique, à savoir la difficulté de concilier la représentation galiléo-newtonienne de l'espace et du temps avec la théorie maxwellienne de l'électromagnétisme. C'est la théorie einsteinienne de la relativité qui allait redéfinir le cadre spatio-temporel de façon à régler cette contradiction apparente.

Un hiatus inquiétant séparait alors les théories « fondamentales » de la matière et les disciplines plus proches des applications techniques comme la chimie, l'électronique, la physique des rayonnements (de la radio aux rayons X). Mais le début du xx^e siècle vit la mise au point de la théorie quantique, qui rencontra un succès remarquable en surmontant les difficultés évoquées. Ses fondateurs, juste avant la Première Guerre mondiale, furent Planck, Einstein et Bohr, avant qu'elle ne soit pleinement développée dans la décennie 1920-1930, avec comme protagonistes principaux de Broglie, Heisenberg, Born, Schrödinger, Dirac. Dès la première édition de ses *Principes de la mécanique quantique*, en 1930, Dirac pouvait souligner que la représentation du monde physique par la théorie quantique crée un ordre hiérarchique séparant le domaine de validité de cette théorie de celui où prévalent les théories classiques¹.

Contrairement à la mécanique classique, la mécanique quantique stipule que les énergies des « états liés » (où les particules concernées restent groupées) ne peuvent avoir que des valeurs discontinues. Il existe en particulier un état de plus basse énergie, dit « état fondamental ». Remarquons au passage que, quoi qu'on ait fait dire au *principe* malencontreusement nommé *d'incertitude* de Heisenberg, la mécanique quantique nous assure de solides connaissances sur la matière : tous les atomes de sodium, dans leur état fondamental, lorsqu'ils sont isolés, sont identiques ; il en va de même pour les noyaux d'hélium, de plomb ou de tout autre élément. De plus, si la différence entre l'énergie de l'état fondamental et celle du premier état excité d'un système lié est très supérieure à l'énergie que le système peut acquérir en interagissant avec son environnement, le système est stable (dans ce contexte). Les noyaux dans les environnements terrestres ont cette propriété : les premiers états excités des noyaux sont séparés de leur état fondamental par des énergies d'un ordre de grandeur des milliers de fois au moins supérieures aux énergies disponibles autour d'eux (par exemple par l'agitation thermique ou les liaisons électroniques).

Le succès de la mécanique quantique tient ainsi à ce que, dans leur contexte terrestre habituel, les atomes et les molécules peuvent être considérés comme composés de noyaux stables et d'électrons que l'on peut traiter comme ponctuels. Le fait que la taille des noyaux soit très petite par rapport aux dimensions atomiques et que leur masse soit très grande comparée à celle des électrons justifie l'approximation selon laquelle les

1. C'est la constante de Planck, notée h , qui sert d'étalon : les systèmes dont les grandeurs caractéristiques de masse M , de longueur L et de temps T ont des valeurs telles que $ML^2/T \gg h$ (dont la valeur numérique dans le système SI est $6,62606957 \times 10^{-34}$) sont macroscopiques et peuvent être décrits par la mécanique classique ; ceux pour lesquels $ML^2/T \approx h$ sont en général microscopiques et doivent être décrits par la mécanique quantique.

électrons interagissent essentiellement avec les noyaux et entre eux *via* les forces électrostatiques de Coulomb. Joue également un rôle capital la faible vitesse des électrons par rapport à celle de la lumière, qui permet de négliger en première instance les effets dus à la relativité einsteinienne (ce pourquoi on parle souvent de « mécanique quantique non relativiste »). Le dernier élément essentiel est que les électrons, absolument identiques, ne peuvent être distingués les uns des autres, ce qui les contraint à obéir au principe d'exclusion de Pauli, qui régit la structure électronique « en couches » des atomes. Ainsi furent expliquées la constitution des atomes, celle des molécules, la nature des liaisons chimiques.

Dès ses débuts, la théorie quantique put être appliquée efficacement à des systèmes comportant un grand nombre de particules. Ainsi, le comportement quantique collectif des électrons permit-il de comprendre les propriétés thermiques et électriques des matériaux – conducteurs (métaux), isolants ou semi-conducteurs –, ouvrant la voie aux développements techniques de l'électronique moderne (transistors) après la Seconde Guerre mondiale. Le comportement collectif des photons et en particulier le phénomène d'émission stimulée théoriquement découvert par Einstein en 1917 allait un demi-siècle plus tard conduire au développement des lasers. En physique des basses températures, l'explication de phénomènes originaux telles la supraconductivité ou la superfluidité renforcerait encore dans les années 1950 (voir plus bas) la puissance souvent explicative et parfois prédictive de la théorie quantique. Et certains objets du macrocosme, comme les naines blanches, révéleraient même de remarquables exemples de comportement quantique à grande échelle¹.

À la fin des années 1920 et dans les années 1930, et du côté cette fois-ci du microcosme, c'est la physique nucléaire qui ouvrirait un nouveau champ d'application à la théorie quantique. Il est remarquable que les noyaux des atomes se comportent suivant les lois quantiques générales pourtant mises au point dans le domaine atomique à des échelles cent mille à un million de fois plus grandes, et bien qu'ils soient régis par des forces d'une tout autre nature que les interactions électromagnétiques qui gouvernent les électrons atomiques. La structure, la stabilité et les propriétés détaillées des noyaux dépendent de la dynamique quantique des forces nucléaires d'interaction entre leurs composants (protons et neutrons). Cela dit, l'intensité de ces forces rend l'analyse de leurs effets bien plus difficile que dans le cas des interactions électromagnétiques et seuls des succès partiels s'avérèrent possibles. Ces développements théoriques de la physique nucléaire allèrent de pair avec une mutation

1. Chandrasekhar 1931.

des techniques expérimentales, où les accélérateurs de particules (cyclotrons) prirent le relais des éléments radioactifs naturels, et de nouveaux détecteurs (chambres à bulles) entrèrent en jeu.

Peu de temps après la formulation des lois quantiques régissant la dynamique de systèmes composés d'un nombre fini d'électrons et de noyaux, le formalisme fut étendu par Dirac et d'autres, à la fin des années 1920, de manière à inclure la description des interactions avec le champ électromagnétique. C'est ainsi qu'au cours des années 1930 se développe une nouvelle conceptualisation de la physique où les interactions électromagnétiques entre particules chargées (comme les forces électrostatiques bien connues) peuvent être expliquées par des échanges de photons. La difficulté de la tâche était considérable puisqu'elle exigeait de passer du cadre spatio-temporel newtonien au cadre einsteinien, seul compatible avec la description de l'électromagnétisme. En fait, une électrodynamique quantique cohérente et à peu près satisfaisante ne serait développée qu'après la Seconde Guerre mondiale. Cependant, d'emblée, les connaissances ainsi acquises induisent le développement d'une théorie générale des champs quantiques permettant la compréhension d'autres phénomènes au niveau subnucléaire : formulation par Fermi d'une théorie de la radioactivité bêta, suggestion de Yukawa que, par analogie avec les forces électromagnétiques, les forces nucléaires de courte portée entre nucléons peuvent être générées par les échanges entre eux de particules massives jusque-là non observés (dénommés « mésons » après leur mise en évidence expérimentale à la fin des années 1940).

Ainsi s'est imposée une conception de la physique fondamentale où le monde physique peut être considéré comme hiérarchiquement ordonné en domaines et questions assez bien délimités : le niveau cosmologique (celui des galaxies, de leurs éléments, de leur évolution et de leur dynamique), le niveau macroscopique (constitué des états classiques de la matière, solides, liquides, gaz, de leurs structures, propriétés et processus), le niveau microscopique (moléculaire et atomique, nucléaire et subnucléaire)¹. L'objectif de la physique est d'identifier, classer et caractériser ces différents niveaux, et leurs relations. Les derniers niveaux sont considérés comme plus « fondamentaux » et l'on s'efforce de reconstruire les niveaux supérieurs grâce à la connaissance des niveaux de base. Plus concrètement, les théories visant les niveaux inférieurs cherchent à expliquer de manière quantitative les paramètres déterminés empiriquement qui décrivent les

1. Il faut cependant noter que la distinction entre ces niveaux n'est pas absolue, puisque nombre de propriétés de la matière à notre échelle (telle son impénétrabilité) dépendent du comportement quantique de ses constituants. Voir aussi l'exemple cité plus haut des étoiles naines blanches.

composants des niveaux supérieurs. Il y a évidemment là une pétition de principe quant à la possibilité même d'une telle remontée. On reviendra plus loin sur l'évaluation du succès de ces démarches réductionnistes.

Il est essentiel de noter qu'avant les années 1930 ces avancées n'ont guère connu d'applications. Rutherford lui-même, découvreur en 1913 du noyau atomique, exprimait en 1935 encore son total scepticisme quant à la possibilité d'utilisations pratiques de la physique nucléaire.

La physique fondamentale après la Seconde Guerre mondiale

La découverte de la fission nucléaire (Hahn, Strassmann, Meitner) en 1938, à la veille de la guerre, va se révéler d'une importance essentielle. Ce phénomène ouvre en effet la voie, grâce à la possibilité de réactions en chaîne, à la libération des énergies considérables que recèlent les noyaux atomiques. La possibilité d'applications militaires est rapidement perçue par les physiciens, qui finiront par en convaincre les pouvoirs politiques des pays belligérants. Ainsi naîtra en 1942 le projet Manhattan d'étude puis de fabrication des premières armes nucléaires aux États-Unis, qui se conclura par les bombardements d'Hiroshima et Nagasaki en août 1945, marquant tragiquement l'entrée de l'humanité dans l'ère nucléaire. On ne saurait surestimer la mutation ainsi induite dans la conception de la recherche. Ce sont en effet les meilleurs fondamentalistes, théoriciens et expérimentateurs, qui furent mis à la tâche pour concevoir les applications militaires et, accessoirement, civiles (centrales électronucléaires) de leurs connaissances. Les investissements consentis en raison de l'effort de guerre furent gigantesques ; on estime que les dépenses militaires états-uniennes en matière de recherche et développement furent multipliées par un facteur 1 000 entre 1935 et 1945.

La science fondamentale prend ainsi aux yeux des responsables politiques et économiques une importance toute nouvelle et sera conçue dès la fin de la guerre comme un élément capital d'une politique de puissance, caractérisée aussi bien par la course aux armements des années de guerre froide que par l'expansion des industries technologiques. Cette nouvelle donne fut explicitée par le fameux rapport présenté au président Truman en 1947 par son conseiller scientifique Vannevar Bush sous le titre aussi éloquent qu'oxymorique de *Science, the Endless Frontier* (« La science, une frontière sans limites »). L'ordre de grandeur des investissements publics en matière de science fondamentale changea du tout au tout et permit le développement de la *big science*, reposant sur une instrumentation

d'échelle véritablement industrielle que matérialisèrent par exemple les grands accélérateurs de particules.

Si la science fondamentale contribua ainsi à la guerre, la réciproque fut non moins essentielle. Les techniques militaires développées, par exemple en électronique pour améliorer l'efficacité des radars, transformèrent la physique atomique et moléculaire. Au niveau subnucléaire, les nouveaux accélérateurs, dont la construction devient possible grâce à la technologie des klystrons développée pendant la guerre, font radicalement évoluer le domaine en permettant l'étude de phénomènes à des énergies toujours croissantes. On désignera ainsi cette discipline comme la « physique des hautes énergies », appellation quelque peu ambiguë, puisqu'elle pourrait laisser croire qu'il s'agit d'un domaine producteur d'énergies considérables, alors qu'il en est au contraire consommateur.

Ces progrès de l'instrumentation ont des répercussions immédiates en physique théorique et permettent la mise en évidence d'effets spécifiques de l'électrodynamique quantique. Les mesures des structures fines et hyperfines du spectre d'énergie de l'atome d'hydrogène exigent d'aller au-delà des seules prédictions de l'équation de Dirac. Ainsi, Bethe remarque que l'autoénergie d'un électron due à son champ électromagnétique intrinsèque peut être considérée comme une contribution à la masse inertielle de l'électron, et qu'elle doit être rajoutée à la masse mécanique de l'électron. Malheureusement, cette contribution, calculée par l'électrodynamique quantique, est infinie. On s'en tire par une procédure dite de « renormalisation » où seule la somme des masses électromagnétique et mécanique de l'électron est identifiée à sa masse expérimentalement mesurée, ce qui permet l'élimination des quantités infinies apparues dans les calculs.

C'est ainsi que finira par être formulée une électrodynamique quantique cohérente, théorie de l'interaction des électrons et des positrons avec le champ électromagnétique, en accord avec la relativité einsteinienne. Bethe, Schwinger, Feynman, Tomonaga et Dyson développent dans l'immédiat après-guerre le programme de renormalisation moderne, explicitant les règles méthodologiques permettant de contourner les divergences rencontrées dans certaines théories quantiques relativistes. Les représentations diagrammatiques inventées par Feynman simplifient grandement les calculs et joueront un rôle essentiel dans le succès de l'électrodynamique quantique et plus généralement de la théorie quantique des champs.

Tout au long des années 1950 à 1980, la physique des particules élémentaires connut un développement massif. Dans la foulée des apports militaires (armement nucléaire) et civils (centrales électronucléaires) de leur science, les physiciens purent obtenir un soutien étatique massif

pour une physique dont ils n'hésitèrent pas à faire miroiter à terme des applications pratiques spectaculaires – restées largement illusoires. De plus, l'ampleur des efforts financiers nécessaires au déploiement de la *big science* conduisit à une internationalisation qui joua un rôle politique non négligeable. Ainsi, la création du CERN, par-delà sa seule ambition scientifique, constitua un véritable banc d'essai pour les formes nouvelles des collaborations institutionnelles européennes.

Les accélérateurs de particules et les détecteurs atteignirent des dimensions considérables, et des coûts à l'avenant. De nombreuses particules nouvelles, de durée éphémère et donc absentes des environnements naturels à notre échelle, furent découvertes. La mise en ordre de ce véritable zoo put être accomplie grâce à la mise en évidence de symétries structurelles profondes (par Gell-Mann en particulier), ce qui conduisit à postuler l'existence d'un niveau sous-jacent (sub-sub-nucléaire), peuplé de nouvelles entités baptisées « quarks » et « gluons », constituant des « nucléons », et de leurs cousins plus ésotériques.

En même temps, conséquence des progrès techniques réalisés par les formalismes de Schwinger, Feynman et Dyson, la physique de l'état solide et la mécanique statistique commencèrent à utiliser les méthodes de la théorie quantique des champs. La fin des années 1950 voit l'incorporation de ces méthodes dans la théorie du « problème à N corps », ainsi que l'on nomme la physique théorique de la matière condensée, qui concerne les systèmes macroscopiques composés d'un nombre élevé de particules. Un succès remarquable est la formulation par Bardeen, Cooper et Schrieffer d'un modèle (dit BCS) utilisant la théorie des champs pour expliquer la supraconductivité. Ce phénomène, connu depuis le début du xx^e siècle, se caractérise par la disparition de toute résistance électrique en dessous d'une certaine température critique, et par l'exclusion de tout flux magnétique à l'intérieur d'un supraconducteur en dessous de cette température (effet Meissner). Jusqu'à la formulation de la théorie BCS, la supraconductivité était considérée comme un problème majeur que la mécanique quantique n'arrivait pas à expliquer.

La théorie de la supraconductivité permit un considérable approfondissement de la théorie quantique des champs. De fait, la solution obtenue par BCS viole le principe de la conservation du nombre de particules, alors même que ce principe est respecté par les équations qui déterminent la structure et la dynamique du système. Une analyse majeure de l'approche BCS par Anderson et d'autres permit de préciser et d'étendre le rôle joué en théorie quantique des champs par les principes d'invariance et les symétries associées. La clarification ultérieure de la notion de « brisure spontanée de symétrie » par Anderson, Nambu, Goldstone,

Brisure spontanée de symétrie

En physique classique, lorsque la théorie qui décrit un système respecte une certaine symétrie, il se peut que l'état fondamental du système (son état de plus faible énergie) ne soit pas invariant sous cette symétrie; on dit alors qu'il y a brisure de la symétrie. L'exemple le plus simple est celui d'un aimant, dont l'axe des pôles correspond à une direction particulière alors que les interactions responsables du magnétisme ne privilégient aucune direction (isotropie). La même question peut être posée pour les systèmes physiques décrits par les théories quantiques. Pour les systèmes possédant un nombre fini de degrés de liberté, il est possible de démontrer que l'état fondamental doit toujours respecter la symétrie de la dynamique. Une brisure spontanée de symétrie ne peut survenir que dans les systèmes comprenant un nombre infini de particules, quoique conservant une densité finie. La brisure spontanée d'une symétrie *continue* est toujours associée à une dégénérescence de l'état fondamental (dénommé le « vide »); il existe alors une quantité infinie d'états de même énergie minimale. De plus, dans le cas de la théorie quantique des champs, si la brisure spontanée de symétrie est continue, un théorème, démontré la première fois par Goldstone, Salam et Weinberg, stipule que le spectre de particules physiques doit contenir une particule de masse nulle pour chaque symétrie brisée. Ces particules sont désignées sous le nom de bosons de Goldstone. Il existe une exception importante à ce théorème dans le cas où la symétrie brisée est une symétrie de jauge. Elle est responsable du mécanisme de Higgs-Kibble, qui engendre le fameux boson BEH.

Salam, Weinberg, Higgs, Kibble et d'autres fut une étape essentielle vers la formulation finale du modèle standard et l'acceptation des théories de jauge de Yang-Mills qui le sous-tendent. Les physiciens se convainquirent que les théories quantiques des champs constituent le formalisme approprié pour la représentation de *toutes* les théories de base décrivant le monde microscopique jusqu'à des distances de l'ordre de 10^{-20} m, soit des échelles un million de fois inférieures à celles de la physique nucléaire.

Les entités responsables des forces électromagnétiques et des forces nucléaires faibles (à l'origine de la radioactivité bêta) sont représentées pratiquement de manière identique dans les équations qui gouvernent ces forces. En intervertissant les symboles représentant le photon, l'entité responsable de la force électromagnétique entre particules chargées, avec une combinaison des symboles représentant les particules W et Z, responsables de la force nucléaire faible, les équations restent inchangées. Cette symétrie rassemble les descriptions des deux types de force en une seule théorie unifiée appelée « électrofaible ». La théorie électrofaible dicte les interactions entre les entités de base assujetties aux forces électromagnétiques et aux forces nucléaires faibles : les leptons (électron, muon, tauon

Symétries

La relativité einsteinienne dite restreinte est caractérisée par une *symétrie globale*. Elle repose sur l'équivalence des référentiels utilisés pour repérer les diverses grandeurs physiques lorsque ces deux référentiels sont en mouvement relatif uniforme (à vitesse constante). La transformation (dite de Lorentz) qui connecte deux tels référentiels équivalents est une transformation *globale*, qui vaut en tout point et en tout instant.

En revanche, les axiomes de la relativité dite générale sont uniquement *locaux*. La relativité générale impose simplement l'équivalence de deux référentiels dans l'environnement immédiat d'un point donné de l'espace-temps. La vitesse relative de ces deux référentiels dans le voisinage d'un point donné de l'espace-temps dépend donc de ce point et varie de point à point : il s'agit d'une transformation *locale*. La relativité générale stipule que les lois de la physique sont les mêmes dans deux référentiels quelconques, ce qui se traduit par l'invariance de la forme des équations de base sous des transformations arbitraires de coordonnées. Cette exigence peut être satisfaite par l'introduction d'un champ lié aux accélérations correspondant aux variations de vitesse dans l'espace-temps. Le principe d'équivalence amène alors à constater que ce champ n'est autre que le champ de gravitation.

La relativité générale conduit donc à reconnaître l'idéalisation impliquée dans les hypothèses de la relativité restreinte et pose du coup la question de savoir si l'imposition sur une théorie d'une symétrie globale, quelle qu'elle soit, n'est pas une exigence trop large et irréaliste. Ainsi, peu de temps après l'avènement de la mécanique quantique, Fritz London considère les conséquences de l'exigence d'invariance de la fonction d'onde d'une particule quantique sous des variations

et leurs neutrinos associés), les quarks, les bosons médiateurs des interactions faibles (W, Z et photon). Mais si rien n'intervenait pour briser la symétrie mentionnée, les particules W et Z, comme le photon, n'auraient pas de masse. En fait, toutes les autres particules élémentaires seraient également de masse nulle. Or la plupart des particules élémentaires ont une masse. Pour briser la symétrie électrofaible et donner des masses à ces entités élémentaires, Weinberg et d'autres théoriciens émirent au début des années 1960 l'hypothèse de l'existence de champs quantiques spécifiques correspondant à l'existence d'un nouveau type de particule électriquement neutre, instable : le boson de Higgs. Sa détection au CERN en 2012 était basée sur les modes de désintégration prévus par le modèle standard, apportant ainsi un fort crédit au mécanisme de Higgs expliquant pourquoi les particules élémentaires sont massives.

Très peu de temps après la formulation de la théorie électrofaible, le modèle de théorie des champs mettant en œuvre la notion de symétrie de

de jauge

de phase locales et découvre le lien entre cette exigence et le couplage des particules chargées au champ électromagnétique.

En physique nucléaire, après la découverte du neutron en 1932, il est rapidement établi que les protons et les neutrons (même s'ils ont des propriétés électriques différentes) ne peuvent être distingués les uns des autres en ce qui concerne les forces nucléaires. Heisenberg est ainsi amené à considérer le proton et le neutron comme les deux états d'une particule désormais appelée nucléon. Les forces nucléaires sont ainsi invariantes par rapport aux transformations mutuelles de ces états. Considérer cette invariance comme une symétrie locale, dite de *jauge*, fait apparaître un champ de force appelé champ de Yang-Mills. Ses propriétés sont beaucoup plus compliquées que celles du champ électromagnétique, car les transformations de jauge ont ici une structure plus riche et plus complexe (elles sont « non commutatives »). Comme pour les photons, les quanta associés au champ de Yang-Mills sont de masse nulle et, de manière similaire, le terme d'interaction entre le nucléon et le champ est déterminé par le principe d'invariance de jauge.

L'utilisation des champs de jauge de Yang-Mills a servi de base aux grandes avancées dans la physique des particules élémentaires au cours de la seconde moitié du xx^e siècle. Cela est dû au fait que, dans le cas des symétries qui agissent sur les attributs internes des particules, l'exigence que la symétrie soit locale prescrit la forme de l'interaction du champ de jauge avec ses sources. Toutes les interactions actuellement connues (gravitationnelle, électrofaible, nucléaire forte) sont décrites par des théories de jauge. Cela a fait naître l'espoir de toutes les englober dans une « Grande Théorie Unifiée » impliquant un seul champ de jauge ayant de nombreuses dimensions.

jauge locale, qui a été utilisé dans la théorie électrofaible, est adopté pour la formulation de la chromodynamique quantique (CDQ). La CDQ est la théorie qui rend compte des forces nucléaires dites cette fois « fortes » ; elle le fait en termes de particules considérées aujourd'hui comme les plus élémentaires, les quarks et les gluons, médiateurs des interactions entre les quarks qui portent maintenant des charges métaphoriquement appelées « couleurs ». Une nouvelle fois, le mécanisme de Higgs est invoqué pour donner une masse à ces entités. La CDQ a deux propriétés remarquables. La première est ce qu'on nomme la « liberté asymptotique » : les interactions entre quarks et gluons et entre gluons disparaissent lorsque la séparation entre eux devient nulle. La seconde est le « confinement » : les quarks et les gluons, qui sont les composants présumés des nucléons et des mésons, ont la propriété de ne pas pouvoir être observés comme objets séparés et indépendants ; ils n'existent qu'au sein des hadrons, les entités qui interagissent *via* les forces nucléaires fortes.

Les théories quantiques relativistes des champs reposent sur certaines hypothèses concernant le comportement des particules sur des échelles arbitrairement petites de l'espace-temps ou, de manière équivalente, sur des échelles arbitrairement élevées en énergies et quantités de mouvement. Cependant, il est impossible de vérifier directement par l'expérience ces hypothèses. Or, dans les théories actuelles, ces comportements à haute énergie (ou courtes distances) donnent aux valeurs calculées de diverses grandeurs physiques des valeurs infinies (« divergences »). Si, dans le cas de l'électrodynamique quantique, on a pu maîtriser ces « divergences », tel n'est pas le cas pour la chromodynamique quantique qui régit les interactions nucléaires fortes.

Le programme de renormalisation développé après la Seconde Guerre mondiale et visant à contourner ces divergences fit l'objet d'une nouvelle lecture par Kenneth Wilson et d'autres au début des années 1970. De manière intéressante, un grand nombre d'idées ont émergé dans le sillage de l'analyse et de la résolution d'un problème de physique de la matière condensée par Wilson : le problème des transitions de phase (les transformations liquide / solide par exemple). Wilson réussit à montrer que l'effet de tous les termes d'interaction possibles d'une théorie donnée au-delà d'une certaine coupure (*cut-off*) aux hautes énergies pouvait être interprété comme une reparamétrisation des interactions dans le domaine de basse énergie de la théorie.

La grande avancée de Wilson, Weinberg et d'autres fut de démontrer l'universalité de la physique des basses énergies résultant du processus de renormalisation, justifiant ainsi l'utilisation des « théories des champs effectives », permettant de décrire les phénomènes dans un régime d'énergie très inférieur à une certaine coupure. Une telle théorie effective suppose que la physique dans le domaine dans lequel elle est valide peut être énoncée en termes d'entités considérées comme élémentaires, à partir desquelles sont construites les entités composites qui peuplent ce domaine. Ces entités « élémentaires » constituent les niveaux de liberté effectifs pour cette échelle. Elles dépendent d'une théorie plus « fondamentale » seulement de par un petit ensemble de paramètres qui entrent dans la description de l'évolution de ces entités. Une théorie effective des champs est une description de type phénoménologique, à validité limitée. Ainsi, les progrès des sciences physiques dans le domaine de la théorie quantique des champs justifient la vision qui segmente le monde physique en différents niveaux chacun décrit par une théorie *ad hoc*, mais stable et robuste. Ce qui importe ici est le fait que cette description précise et stable du monde microscopique n'est pas déstabilisée par l'incorporation de nouveaux effets de petite distance apportés par des découvertes à plus haute énergie. Par exemple,

la mécanique quantique non relativiste qui rend compte de la plupart des phénomènes atomiques et moléculaires n'est nullement affectée par les mutations de la théorie concernant les interactions de haute énergie entre particules fondamentales, tout au moins tant que l'on se garde de tester le système sur des distances si faibles que la « théorie effective » n'est plus applicable. Cela signifie que la théorie qui décrit atomes, molécules et solides, et permet de calculer un grand nombre de leurs propriétés, connaît une forme de clôture. Les chercheurs dans ces domaines sont surtout intéressés par la découverte d'entités ou d'effets inédits, souvent inobservables dans le monde naturel, par leur complexité et diversité, et moins par la théorie *fondamentale* qui régit les interactions et détermine l'évolution des structures aux niveaux sous-jacents.

L'évolution de la physique fondamentale et les transformations de la société

Il faut alors remarquer que les progrès de la physique théorique depuis le milieu des années 1970 entrent en résonance avec les profonds bouleversements culturels, sociaux et politiques que le monde occidental connaît depuis cette époque. Si les explications de ces mutations dépendent pour l'essentiel de facteurs externes (sociaux, politiques, économiques), les facteurs cognitifs internes aux champs scientifiques et technologiques ne sauraient pour autant être négligés, comme nous venons de le voir.

Cependant, sauf pour une petite minorité de physiciens, le programme de recherche de la discipline est largement dicté par ces facteurs externes : à savoir, les exigences d'innovation pratique, de rentabilité économique, d'efficacité technique, comme on le voit dans les domaines des nanotechnologies, de la photonique ou de l'informatique quantique. Il devient ainsi difficile de distinguer recherches fondamentales et recherches appliquées et même, souvent, de séparer activités de recherche scientifique et activités de développement technologique.

Paul Forman a pu caractériser les transformations radicales en cours, comme « l'inversion de la relation *culturellement* assignée à la science et à la technologie, de la primauté de la science par rapport à la technologie jusqu'à 1980 environ, à la primauté de la technologie par rapport à la science depuis ». Pour Forman, cela correspond à la démarcation entre modernité et postmodernité. La modernité se caractérisait par le fait que

le désintéressé primait sur l'intéressé et par la croyance que les moyens consacrent les fins, que l'adhésion aux moyens qui conviennent est la

meilleure garantie pour arriver au « bon résultat ». Avec la postmodernité, à l'inverse, l'approche est *descendante* : la technologie est la bénéficiaire, aux dépens de la science, de la subordination pragmatique et utilitariste que nous faisons des moyens aux fins, et [...] notamment du scepticisme à l'égard du désintéressement et de la condescendance quant aux questions conceptuelles¹.

Le néolibéralisme a incontestablement joué un rôle important dans l'avènement de cette transformation que Philip Mirowski caractérise ainsi :

Le principe fondamental du néolibéralisme est que le marché constitue un processeur d'informations idéal, et que toute économie qui réussit est une économie de la connaissance. Bien qu'il s'agisse d'un artefact, le marché est censé être plus savant que n'importe quel individu et pouvoir toujours apporter des solutions aux problèmes (dont il est la cause première) : les entreprises ne peuvent rien faire de mal. En ce qui concerne la raison d'État, le néolibéralisme est ambivalent. D'un côté, il est pour la démocratie comme cadre approprié de l'État dans un marché idéal, mais d'un autre côté, il souhaite en supprimer les pouvoirs. Il traite la politique comme s'il s'agissait d'un marché et défend une théorie économique de la démocratie dans laquelle la citoyenneté est assimilée au fait d'être client des services de l'État. Le néolibéralisme considère l'éducation comme une marchandise et non comme une expérience qui transforme l'existence, en produisant des étudiants informés, responsables et attentifs (*caring*)².

La résonance de cette idéologie avec certaines conceptions en physique contemporaine est illustrée par l'ouvrage de Robert Laughlin, *A Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down*. Laughlin est un théoricien de la matière condensée qui a partagé le prix Nobel pour l'explication de l'effet Hall fractionnaire découvert par von Klitzing. Le message de Laughlin est que l'émergentisme a triomphé du réductionnisme. Sa thèse est que les objets macroscopiques sont les produits d'un principe d'organisation et d'un comportement collectif qui *ne peuvent pas* être réduits à l'évolution de leurs composants « élémentaires ». La position de Laughlin est encore plus extrême que celle exprimée par Philip Anderson dans son article marquant « More Is Different » publié dans *Science* en 1971.

De fait, si, comme nous l'avons vu, l'analyse descendante de la constitution de la matière à des niveaux d'échelles de plus en plus petits a connu un très grand succès, on ne peut en dire autant de la synthèse remontante

1. Forman 2002.

2. Mirowski 2011.

qui visait à expliquer les comportements de la matière à un certain niveau à partir de ses composants au niveau inférieur. À la question : « Dans quelle mesure pouvons-nous reconstruire le monde à partir de la théorie effective la plus “fondamentale” connue à ce jour, à savoir le modèle standard ? », la réponse est que l’on n’est capable de prévoir l’existence ou de calculer les propriétés que *d’un nombre très limité* d’entités pouvant résulter des états liés de quarks et gluons.

Cela tient à une multitude de raisons, notamment la complexité des calculs nécessaires. Avec des approximations astucieuses (telle la formulation de la chromodynamique quantique sur réseau), on peut calculer les propriétés de certaines particules hadroniques avec une précision impressionnante. Mais le calcul des propriétés du plus simple noyau composé (le deutéron, qui ne contient qu’un proton et un neutron) ou *a fortiori* de la structure des niveaux d’un noyau de bore ou de carbone par un calcul *ab initio* fondé sur le modèle standard n’est pas possible, même avec les ordinateurs les plus puissants. La même situation prévaut pour les propriétés des molécules composées d’un peu plus d’une dizaine d’atomes, basés sur l’équation non relativiste de Schrödinger qui régit le comportement des électrons et des noyaux interagissant par le biais des simples forces de Coulomb – la théorie « de base » pour le domaine atomique –, même s’il est vrai que la puissance des ordinateurs ou des approches récentes telles que la méthode des fonctionnelles de densité ont considérablement étendu la gamme des structures moléculaires qui peuvent être calculées et prédites. Ces nouveaux outils ont transformé des pans entiers de la physique de la matière condensée et de la chimie quantique, dont les chercheurs peuvent se retrouver indifféremment dans des départements de physique, de chimie ou d’informatique.

Cependant, plusieurs facteurs conduisent à mettre en question l’avenir à court terme de la physique des entités et interactions fondamentales dans ses formes actuelles. D’abord, le coût des équipements préoccupe à juste titre la puissance publique. À une échelle qui atteint la dizaine de milliards d’euros, il est légitime de se préoccuper de l’équilibre entre l’intérêt collectif de la société et l’intérêt propre de la science – quoique les procédures de décision de l’État en la matière ne soient actuellement guère gouvernées par les principes démocratiques. Toujours est-il que les arbitrages rendus par les gouvernements dans la situation de tension économique qui prévaut depuis les années 1980 ont conduit à diminuer sérieusement les efforts consentis en faveur de la *big science*. Un événement tout à fait significatif à cet égard fut l’abandon par le Congrès états-unien fin 1993 du projet d’accélérateur géant SSC (Superconducting Super Collider) qui aurait surpassé le LHC du CERN. Ce projet fut jugé

trop dispendieux quand son budget prévisionnel atteignit la dizaine de milliards de dollars – dont deux avaient déjà été dépensés.

Ensuite, les difficultés théoriques évoquées plus haut que rencontre la théorie des interactions fortes (chromodynamique quantique) quand il s'agit de mener à bien la résolution de ses équations de base, sèment le doute quant à la capacité de la théorie à rencontrer un succès aussi notable que l'électrodynamique quantique dans l'explication et la prédiction des phénomènes à son niveau de pertinence. Les tentatives en cours depuis deux décennies au moins pour tenter d'élargir ou de modifier ce cadre théorique ne semblent guère promises à un succès rapide malgré leurs dénominations ambitieuses (« supercordes », « supersymétries »). D'ailleurs, il se pourrait que la découverte du boson de Higgs ait été une sorte de chant du cygne de la physique fondamentale, dans la mesure où il est loin d'être certain que de nouvelles découvertes expérimentales soient à attendre dans la zone des énergies actuellement accessibles aux accélérateurs les plus puissants existants ou en projet. C'est une idée assez répandue que celle de l'existence d'un large « désert » expérimental séparant ces zones d'énergie de celles auxquelles se manifesteraient de nouveaux concepts théoriques (unification globale des interactions par exemple).

Enfin, l'incapacité déjà ancienne des physiciens à concilier la théorie quantique des champs avec la relativité générale, autrement dit à traiter les forces de gravitation sur le même pied que les interactions nucléaires (fortes et faibles) et électromagnétiques, reste un sujet de profonde préoccupation¹. De plus, l'apparition de phénomènes inattendus au niveau cosmologique, comme la possible existence d'une « matière sombre » inconnue qui constituerait la plus grande part du contenu matériel de l'Univers et serait faite d'entités pour l'instant totalement mystérieuses, ajoute aux interrogations concernant nos conceptions actuelles en physique fondamentale.

Le profond changement que laissent entrevoir ces évolutions n'est qu'un indice de ce qui advient de manière générale dans une science

1. Les théories quantiques des champs invariantes sous les seules exigences de la relativité restreinte ont clairement une validité limitée parce qu'elles supposent que le cadre spatio-temporel dans lequel toutes les interactions ont lieu est rigide, et ne dépend pas des événements qui s'y déroulent. Mais il s'est avéré jusqu'à présent impossible de formuler une théorie quantique de la gravité, c'est-à-dire de formuler des théories qui articulent de manière cohérente la théorie de la relativité générale et la théorie quantique. Nous ne savons pas encore ni quand ni comment notre compréhension progressera. Il est clair en tout cas que toute théorie qui prétendra rendre compte de toutes les forces actuellement connues (y compris la gravitation) devra reproduire tous les résultats du modèle standard corroborés par les expériences, et avec le même degré de précision.

dont l'activité est de plus en plus déterminée par des exigences externes, au premier chef la demande d'innovation technologique. Les pratiques sociales de la recherche qui se veut encore fondamentale sont d'ailleurs devenues de plus en plus collectives et spécialisées à la fois. Les chercheurs modernes exercent une profession au sein d'institutions rigides bien plus qu'ils ne répondent à une vocation personnelle. Alors que le lien entre leurs activités scientifiques et les questions de société est crucial, la formation des chercheurs et leurs conditions d'exercice leur donnent de moins en moins de possibilités de réflexion et d'action à ce niveau. Cela soulève la question de savoir si, dans ces conditions complexes et intriquées en termes de compétences, de connaissances et de conséquences, il est encore possible de prétendre à une expertise scientifique générale. Dans un autre domaine, les défis que soulève l'analyse scientifique du changement climatique posent la même question.

Au fond, c'est la survie même d'une science fondamentale qui, sans abandonner l'espoir de se rendre utile, voudrait rester une activité spéculative et désintéressée qui est en question. Il faut espérer que restent valables dans ce domaine les belles paroles de William James :

Dans notre vie active comme cognitive, nous créons. Nous ajoutons quelque chose aux deux parties de la réalité – au sujet comme au prédicat. Le monde est tout à fait malléable, il attend que nous lui apportions, de nos mains, les dernières touches. [...] L'homme lui fait *engendrer* des vérités¹.

Traduction du texte de S.S. Schweber par Cyril Le Roy

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Essais généraux

- BRADING Katherine et CASTELLANI Elena, 2003, *Symmetries in Physics: Philosophical Reflections*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CLOSE Frank, 2004, *Particle Physics: A Very Short Introduction*, New York et Oxford, Oxford University Press.
- COHEN-TANNOUDJI Gilles et SPIRO Michel, 1986, *La Matière-Espace-Temps. La logique des particules élémentaires*, Paris, Fayard.
- 2013, *Le Boson et le chapeau mexicain*, Paris, Gallimard, coll. « Folio Essais ».
- DAHAN Amy et PESTRE Dominique (dir.), 2004, *Les Sciences pour la guerre (1940-1960)*, Paris, Éd. de l'EHESS.
- DU SAUTOY Marcus, 2008, *Symmetry: A Journey into the Patterns of Nature*, New York, Harper's; trad. fr., *La Symétrie*, Paris, Seuil, coll. « Points Sciences », 2013.
- FEYNMAN Richard P., 1988, *QED: The Strange Theory of Light and Matter*, Princeton

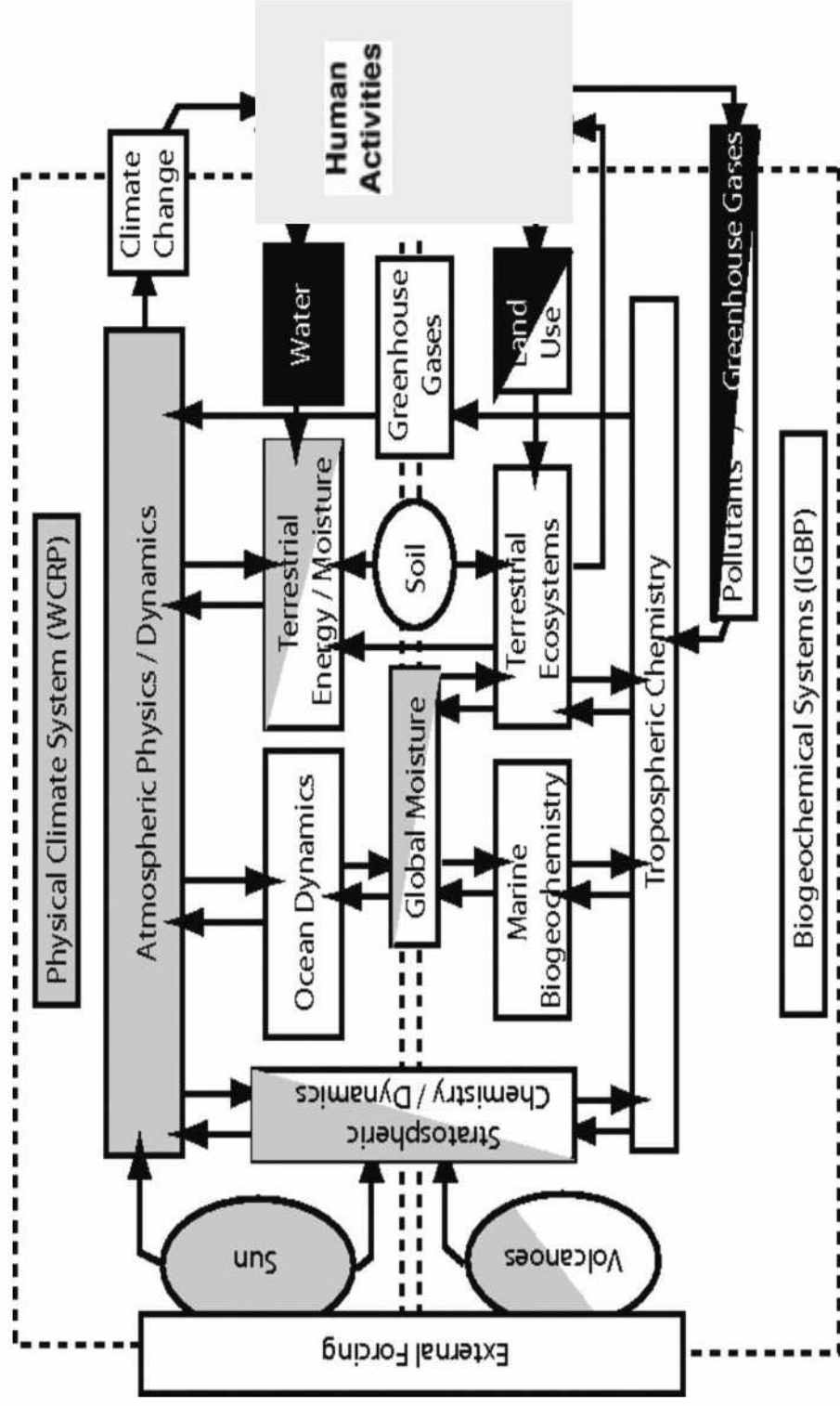
1. James 2007 [1907] (p. 268-271).

- (NJ), Princeton University Press; trad. fr., *Lumière et matière*, Paris, Seuil, coll. « Points Sciences », 1999.
- FORD Kenneth W., 2004, *The Quantum World: Quantum Physics for Everyone*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- 2011, *101 Quantum Questions: What You Need to Know about the World You Can't See*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- HOOFT Gerard 't-, 1997, *In Search of the Ultimate Building Blocks*, Cambridge, Cambridge University Press.
- JAMES William, 2007 [1907], *Le Pragmatisme*, trad. de l'anglais par N. Ferron, Paris, Flammarion, coll. « Champs ».
- KRAGH Helge, 2002, *Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- KRIGE John et PESTRE Dominique (dir.), 2014, *Science in the Twentieth Century*, Londres, Routledge.
- LAUGHLIN Robert, 2005, *A Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down*, New York, Basic Books.
- LÉVY-LEBLOND Jean-Marc, 2000, « Une matière sans qualités? (Grandeur et limites du réductionnisme physique) », in Luciano BOI (dir.), *Science et philosophie de la nature*, Berlin, Springer.
- 2006, *De la matière (relativiste, quantique, interactive)*, Paris, Seuil.
- MERMOD Ronald, 1999, *De l'électron aux quarks. Une physique particulière*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.
- MIROWSKI Philip, 2011, *Science-Mart: Privatizing American Science*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- MIROWSKI Philip et PLEHWE Dieter (dir.), 2009, *The Road from Mont Pelerin: The Making of the Neoliberal Thought Collective*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- RIORDAN Michael, 1987, *The Hunting of the Quark: A True Story of Modern Physics*, New York, Simon & Schuster.
- RODGERS Daniel T., 2011, *Age of Fracture*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- WATKINS Peter, 1986, *Story of the W et Z*, Cambridge, Cambridge University Press.

Études spécialisées

- BOISOT Max, NORDBERG Markus, YAMI Saïd et NICQUEVERT Bertrand (dir.), 2011, *Collisions and Collaboration: The Organization of Learning in the ATLAS Experiment at the LHC*, Oxford et New York, Oxford University Press.
- BROWN Laurie M., PAIS Abraham et PIPPARD Brian (dir.), 1995, *Twentieth Century Physics*, New York, American Institute of Physics Press, 3 vol.
- BROWN Laurie M. et RECHENBERG Helmut, 1996, *The Origin of the Concept of Nuclear Forces*, Philadelphie (PA), Institute of Physics Publishing.
- CAO Tian Yu, 2010, *From Current Algebra to Quantum Chromodynamics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CHANDRASEKHAR Subramanian, 1931, « The Maximum Mass of Ideal White Dwarfs », *The Astrophysical Journal*, vol. 74, p. 81.
- DUNCAN Anthony, 2012, *The Conceptual Framework of Quantum Field Theory*, New York, Oxford University Press.

- FITCH Val et ROSNER Jonathan, 1995, «Elementary Particle Physics in the Second Half of the Twentieth Century», in L.M. BROWN, A. PAIS et B. PIPPARD (dir.), *Twentieth Century Physics, op. cit.*, vol. 2, p. 635-794.
- FORMAN Paul, 2002, «Recent Science: Late Modern and Post-Modern», in Philip MIROWSKI et Esther-Mirjam SENT (dir.), *Science Bought and Sold: Rethinking the Economics of Science*, Chicago (IL), University of Chicago Press, p. 109-148.
- 2012, «On the Historical Forms of Knowledge Productions and Curation: Modernity Entailed Disciplinarity, Postmodernity Entails Antidisciplinarity», *Osiris*, vol. 27, p. 56-100.
- GOTTFRIED Kurt et WEISSKOPF Victor F., 1986, *Concepts of Particle Physics*, Oxford, Clarendon Press, 2 vol.
- LEGGETT Anthony J., 1995, «Superfluids and Superconductors», in L.M. BROWN, A. PAIS et B. PIPPARD (dir.), *Twentieth Century Physics, op. cit.*, vol. 2, p. 913-966.
- LEITE LOPES José et ESCOUBÈS Bruno, 1997, *Sources et évolution de la physique quantique. Textes fondateurs*, Paris, Elsevier Masson.
- MILLS Robert, 1989, «Gauge Fields», *American Journal of Physics*, vol. 57, n° 6, p. 493-507.
- NAMBU Yoichiro, 1981, *Quarks: Frontiers in Elementary Particle Physics*, Singapour, World Scientific.



16 Modèles. De la représentation à l'action

MICHEL ARMATTE
ET AMY DAHAN

Dans le langage courant, la notion de modèle est polysémique et désigne aussi bien un prototype (maquette, matrice, moule) préfigurant une collection d'objets ou un type idéal qu'une représentation (iconique ou formelle) construite *a posteriori*¹. Le terme a pris un sens plus précis dans le domaine des sciences au début du xx^e siècle, au moment où les modèles deviennent des outils de la compréhension du monde et des moyens d'agir sur lui. Ils associent alors trois dimensions habituellement dénommées syntaxique, sémantique et pragmatique. Aujourd'hui, il est impossible de traiter des modèles de façon décontextualisée, hors du temps et des lieux de savoir, de décision et d'action. Cela fut le défaut d'une approche philosophique plus normative que descriptive des pratiques de science².

En guise d'introduction, nous esquisserons d'abord une histoire générale des modèles. Nous n'entrerons pas par types logiques mais plutôt par la place occupée par ces modèles dans les régimes d'expertise. Au début du xx^e siècle, l'épistémologie considère les modèles comme de simples dispositifs cognitifs utiles au processus de connaissance. Le cadre est celui d'une science unifiée et réductionniste et seules les propriétés linguistiques et algébriques des modèles sont traitées. La Seconde Guerre mondiale marque un tournant du fait de l'extension des objets scientifiques, de leur complexité croissante, de l'hétérogénéité des approches, de la prolifération de théories et outils nouveaux d'analyse et de représentation (cela va des mathématiques appliquées à l'informatique). Depuis les années 1980, le point essentiel est l'inscription des sciences et de leur outillage dans une

1. Bachelard 1979.

2. Armatte et Dahan 2004.

ingénierie et des innovations d'ampleur inédite, et qui mettent les sciences au service de projets de transformation et d'adaptation de l'homme à son environnement. Le contrôle, la régulation et la gestion des risques sont des enjeux majeurs, et les modèles deviennent à la fois des outils de découverte, de preuve, de management et de gouvernement. Les décrire et les analyser exige donc de développer une sociologie situant chaque modélisation dans un réseau d'acteurs, d'enjeux et de stratégies, dans une histoire qui la rattache à un certain *régime d'expertise*, une manière d'articuler sciences et sociétés, savoirs et pouvoirs. Nous déclinons cette histoire à travers des exemples pris dans diverses disciplines, illustrant ainsi tant la diversité que l'existence d'un régime « commun » de la modélisation. Dans une seconde partie, nous nous attarderons sur, et analyserons plus avant, deux domaines d'importance, celui des sciences économiques et celui des sciences du climat.

La modélisation avant 1930, quand physique et logique mathématique fixent le cadre

Au XIX^e siècle, la notion de modèle est synonyme d'une « mathématisation du réel », selon l'expression de Giorgio Israel¹. Elle est à l'œuvre dans la science moderne quand géomètres et philosophes naturels délaissent l'approche scolastique pour l'étude du Livre de la Nature écrit en langage mathématique. Une caractéristique de cette mathématisation précoce est d'avoir drastiquement simplifié la description pour que la mathématisation, souvent linéaire ou différentielle, en fournisse une illustration correcte. Pour mathématiser un phénomène comme la chute des corps, il faut, disait Galilée, « défalquer les empêchements », faire abstraction des frottements et des aléas, et reconstruire un réel idéalisé – comme dans les exemples du plan incliné ou du pendule qui ont si souvent servi de modèles des modèles.

La terminologie et la notion scientifique de modèle sont concomitantes d'une nouvelle approche de la physique, celle de Maxwell, poursuivie par Kirchhoff et Hertz, et dont témoigne l'article « Model » de l'*Encyclopaedia Britannica*, signé de Ludwig Boltzmann en 1902. Maxwell écrit en 1870 que

la reconnaissance de l'analogie formelle entre deux systèmes d'idées – avec des quantités physiques correspondantes appartenant vraiment à la même

1. Israel 1996.

classe mathématique – conduit à une connaissance des deux systèmes plus profonde que celle qui pourrait être obtenue quand on les étudie séparément.

Cette redéfinition du « modèle » s'articule sur une coupure vis-à-vis du mécanisme et du réalisme. La notion de modèle reste centrale dans l'histoire de la mécanique statistique, en particulier dans les travaux de Gibbs, Einstein, Ehrenfest et Borel.

Cette épistémologie des modèles qui émerge en physique est relayée par les travaux des logiciens. Russell et Whitehead, dans leurs *Principia* (1910-1913), puis Hilbert dans les années 1920, proposent de fonder logiquement l'ensemble des mathématiques en établissant des règles de construction et de dérivation de formules indépendantes de leur signification mathématique. La notion principale de cette métamathématique est celle de *système formel* qui articule un alphabet, des règles syntaxiques, des règles d'inférence et des axiomes. La théorie est alors la suite des formules qui résultent des axiomes et des démonstrations (les théorèmes). Cette réflexion se prolonge dans les travaux du Cercle de Vienne des années 1930 visant à faire de toute science un langage formel contrôlé par sa seule syntaxe¹. Après le coup de tonnerre des théorèmes d'impossibilité de Gödel, cette piste est abandonnée au profit d'une version *sémantique* de la notion de modèle, où la notion d'interprétation devient centrale, développée en particulier par Tarski². Cette vision des modèles comme représentation perdure peu ou prou jusqu'à nos jours dans la philosophie des sciences, avec néanmoins quelque distance par rapport à l'idée que cette représentation soit réaliste. Barberousse et Ludwig (2000) les caractérisent comme des *fictions* construites, Morgan et Morrison (1999) en font des *médiateurs autonomes* entre les deux formes, théorique et empirique, sous lesquelles le monde « réel » serait appréhendé.

Dans cette première période, le modèle est donc principalement un objet épistémologique qui s'inscrit dans une science unifiée marquée par une méthode cartésienne de décomposition de tout système en parties. Simultanément, toutefois, apparaît une version empirique de la notion de modèle (*model of data*) qui associe au système étudié un jeu de mesures quantitatives évaluées par des dispositifs de mesure ou de comptage statistique. De telles approches ont pu revendiquer un statut d'objectivation des faits et donner ainsi naissance, au début du xx^e siècle, à un grand nombre de « métries » (anthropométrie, psychométrie, économétrie...),

1. Carnap, Hahn et Neurath 1985 [1929]

2. Sinaceur 1999.

ou s'ériger en instances de vérification inductive de la théorie. Dans les sciences du vivant, Ronald Fisher inaugure le lien entre statistique et génétique moderne et fonde la notion de modèle en statistique mathématique. Son approche des plans d'expériences et d'essais randomisés sera mobilisée plus tard à grande échelle dans la recherche agronomique et en épidémiologie.

Giorgio Israel (1996) fait du modèle des battements du cœur de Van der Pol le prototype même de cette nouvelle génération de modèles qui rompent, dans les années 1920, avec la mathématisation du réel de Galilée et Descartes. En effet, ce modèle n'est pas fondé sur une description mathématique des caractéristiques essentielles de l'objet établies expérimentalement, mais sur une forme mathématique commune à des objets différents mais isomorphes. L'analogie mathématique avec des systèmes électriques se substitue à l'analyse propre du système pour générer un modèle formel. À la même période (autour de 1925), Volterra et Lotka jettent les bases d'une dynamique des populations, dont les équations s'écrivent sous la forme d'équations différentielles, relatives à l'équilibre des effectifs proies-prédateurs. Dans les années 1920-1950, la méthode des modèles formels s'impose à toute la biologie quantitative à partir de quatre lieux distincts¹ : la biométrie, la biologie des populations, la biologie mathématique et la biocybernétique. Dans tous ces domaines, les modèles ne sont jamais « objectifs » ou « vrais », et ils ne se donnent pas comme des représentations fidèles et réalistes. Legay (1997) donne ainsi l'exemple d'une étude sur la bilharziose qui peut se faire de trois points de vue distincts : médical, zoologique, écologique. Ils sont préformés par les outils cognitifs (catégories, conventions) ou matériels (instruments d'observation), et par la question spécifique que l'on a choisi de traiter et qui impose un découpage particulier de la réalité. La biologie expérimentale prolonge la notion de modèle comme analogie en désignant sous ce terme des entités physiques comme des machines, des animaux (la souris, la drosophile) ou des dispositifs expérimentaux qui représentent les entités et systèmes étudiés. On parle alors de modèles physiques par opposition aux modèles dits dialectiques, fondés sur la notion de langage formel.

Dans ce régime de production des savoirs², la « vraie science » a peur d'une contagion du politique, synonyme d'ingérence d'acteurs ou de groupes porteurs d'intérêts particuliers ; elle se définit comme *désintéressée*, un terme qui figure dans la plupart des discours savants du

1. Varenne 2007.

2. Pestre 2003.

xix^e siècle. Cette séparation entre science et politique résistera mal à la poussée technocratique des années 1920 et 1930, et encore moins à la période de la guerre et de la guerre froide.

Quand la Seconde Guerre mondiale inaugure un bouleversement durable des pratiques

La crise financière puis économique des années 1930 provoque un grand nombre de réactions des milieux savants (X-Crise en France, le séminaire Menger à Vienne, la fondation de la Société économétrique aux États-Unis) et des milieux politiques qui s'engagent dans des politiques de régulation étatique inspirées de la nouvelle théorie keynésienne et du New Deal. La Seconde Guerre mondiale est d'un plus grand impact encore avec la mobilisation des élites savantes au service d'un nouveau complexe universitaire et militaro-industriel dont le programme est dessiné dans le rapport de Vannevar Bush¹. Les scientifiques se retrouvent à travailler ensemble sur des projets de contrôle et d'optimisation d'opérations militaires, dans l'urgence et avec obligation de résultats, mais aussi avec des moyens financiers et matériels inédits – dont les premiers ordinateurs : analogiques (MIT), digitaux (l'ENIAC de von Neumann) ou modèles « à opérateurs » (McCulloch et Pitts, Couffignal). Trois ensembles de questions sont à l'origine de ces nouvelles pratiques et conduisent après guerre à des dynamiques de recherche puissantes :

- les problèmes de mécanique des fluides, d'ondes de choc, de théorie des explosions, de balistique sous-marine ; ces problèmes se situent au carrefour de l'hydrodynamique et de l'analyse numérique, et concernent la météorologie et la dynamique de propagation des explosions nucléaires ;
- le deuxième ensemble est issu des problèmes de recherche opérationnelle et de logistique (en particulier de défense anti-aérienne ou de contrôle de fabrication), de problèmes économiques (répartition de ressources), et conduit à un ensemble varié de disciplines construites autour d'activités de modélisation (statistique mathématique, théorie des jeux, programmation linéaire ou stochastique) ;
- le troisième ensemble, résumé sous les termes de cybernétique et d'autorégulation, est issu de travaux sur des systèmes de défense et de communication comportant hommes et machines (Norbert Wiener), et d'un effort de modélisation logique du cerveau (von Neumann, McCulloch et Pitts).

1. Dahan et Pestre 2004.

John von Neumann joue un rôle majeur dans ces trois domaines. Il symbolise une figure nouvelle de mathématicien intervenant dans les choix politiques, militaires et technologiques, très proche du pouvoir au plus haut niveau. Avec von Neumann, les modèles ont d'emblée ce caractère transférable et polymorphe propre à la méthode des mathématiciens. Selon lui, la science ne tente pas d'expliquer, à peine d'interpréter, elle fabrique principalement des modèles dont on attend surtout qu'ils fonctionnent. Il en résulte une explosion des mathématiques appliquées¹ et de disciplines à base d'optimisation (programmation linéaire, graphes, programmation dynamique) appliquée aux questions de transport, gestion de la production ou analyse d'activités. Il faut aussi mentionner le rôle crucial de l'ingénierie de communication (électrique, téléphonique, servomécanismes) et de contrôle², celui de la cybernétique avec la figure tutélaire de Wiener, qui articule feedbacks, non-linéarité, boîtes noires, théorie des systèmes et automates, auxquels s'ajouteront ceux du chaos déterministe et des systèmes dynamiques³.

Dans cette matrice de changements, les modèles deviennent des instruments du développement scientifique, mais également des outils d'action. La prévision, la prospective, l'aide à la décision, la simulation sont au centre des nouveaux usages. L'ordinateur permet le *calcul numérique* sur des données en grande quantité, en complément et validation de la modélisation théorique (analyse de données, estimation de paramètres, tests d'hypothèse). Ainsi, la modélisation stimule la quantification sur laquelle elle s'appuie. Là où dominait auparavant une dualité, l'articulation théorie / observation devient possible et trouve de nouveaux outils, en économétrie par exemple. L'irruption de la théorie des jeux, en économie ou en biologie, permet à la modélisation de faire émerger la notion de *stratégies*. L'ordinateur sert aussi de substitut à l'analyse mathématique par la simulation numérique (méthode Monte-Carlo), et de substitut à l'expérience physique par l'expérimentation virtuelle (bombe thermonucléaire). Les règles algorithmiques prennent un peu partout le pas sur les lois mathématiques. Quelques années plus tard, vers 1980, des champs scientifiques entiers verront, avec la simulation numérique, leur statut épistémologique basculer : c'est le cas de la turbulence bidimensionnelle, de la paléoclimatologie, de l'étude des atmosphères planétaires ou celle de l'évolution des galaxies. De sciences de pure observation, elles passent au statut de sciences d'expérimentation numérique.

1. Dahan 1996 et 2004.

2. Bennett 1993, Bissell 2004.

3. Aubin et Dahan 2002.

Cette deuxième phase de la modélisation, que l'on caractérise comme celle de la *simulation numérique*¹, rompt avec l'épistémologie des modèles formels, l'idée de représentation homothétique du réel saisi au prisme d'une science unifiée, et s'accommode d'une multiplicité d'approches, intérêts et objectifs stratégiques. Toutefois, le tournant méthodologique que l'ordinateur fait prendre aux pratiques scientifiques et à la conception des modèles est loin d'être uniforme. Il suscite des résistances – voir la controverse, en météorologie, entre les modèles pour prédire et les modèles pour comprendre² – et coexiste avec une démarche d'axiomatisation et une conception plus rigide de « modèles-structures », persistante chez les économistes. Une distinction émerge ici entre *modèles de connaissance*, fondés sur des lois connues, et *modèles de simulation* ou *d'action* qui doivent se satisfaire d'un système complexe, dont les lois physiques sont inconnues, et construits comme des boîtes noires censées reproduire des comportements par comparaison des données d'entrée et sortie. La simulation permet de se substituer à des expériences multiples coûteuses, de démêler un jeu complexe de régulations ou d'amplifications possibles des effets de chaque facteur (rôle heuristique) ou pour agir sur le système et mettre en œuvre des procédures de contrôle optimal et de gestion de son évolution. Toutefois, ces deux types de modèles (connaissance et action) cohabitent et donnent le plus souvent lieu à des hybrides.

Le régime d'expertise de cette seconde période relève d'un schéma linéaire : la décision politique se fonde avantageusement sur les recherches des scientifiques et les chercheurs y trouvent beaucoup d'avantages à condition que l'on respecte leur autonomie initiale.

Quand les modèles deviennent omniprésents comme outils d'expertise et de gouvernement des risques

Une troisième période s'ouvre à la fin des années 1970 et au début des années 1980. Ce moment est marqué par les deux crises pétrolières et la transition entre le régime de croissance des Trente Glorieuses et le nouveau régime de stagflation qui en résulte. La crise économique est aussi une crise écologique dont les marqueurs sont le rapport du Club de Rome sur les limites de la croissance³ et l'émergence des questions environnementales au niveau onusien (sommets de la Terre de Stockholm,

1. Sismondo 1999.

2. Dahan 2001.

3. Meadows 1972.

Nairobi et Rio 1992). Le tournant économique s'accompagne d'un *tournant idéologique*: fin du compromis fordiste, recul du keynésianisme au profit des monétaristes puis des nouveaux classiques avec l'argument des anticipations rationnelles, déconsidération de l'État entrepreneur et de l'État-providence; et d'un *tournant financier*: la toute-puissance de l'entrepreneur et des gestionnaires est mise sous la coupe des actionnaires et des marchés financiers qui s'enrichissent de produits financiers nouveaux (les options). Le cadre est celui du *tournant politique néolibéral* induit par la mondialisation des échanges, les mandatures de Thatcher et Reagan et le consensus de Washington. Enfin, les marchés profitent largement d'un nouveau moteur, les TIC qui permet une unification des technologies de communication et offre de nouvelles opportunités de prise de données, de processus de calcul, et de diffusion: le système d'observation satellitaire de la Terre, par exemple, qui alimente continuellement des *modèles de données* qu'il faut traiter et *assimiler* pour les faire entrer en input d'autres modèles¹.

Ces conditions inaugurent un nouveau régime de science (privatisations, extension de la propriété intellectuelle) et un nouveau régime d'expertise dans lequel le cadrage politique, la délégation aux agences, la gestion des crises et des risques et le besoin de gouvernance à diverses échelles définissent les programmes de recherche. Dans cette troisième phase, la modélisation s'adapte à la fois aux nouveaux défis (crises écologiques et sanitaires) et aux nouveaux outils. Un nouveau rôle s'impose, celui d'une *intégration* de savoirs hétérogènes et interdisciplinaires au sein d'un instrument informatique agrégateur pour traiter de problèmes globaux et aider à la décision. La modélisation d'objets restreints dans le cadre de sciences disciplinaires ne s'interrompt pas pour autant, en particulier en sciences des matériaux, nanotechnologies ou neurosciences. Toutefois, la complexité croissante des objets de science, définie formellement par des feedbacks et des non-linéarités, est l'élément novateur des pratiques scientifiques de modélisation. Cette complexité caractérise les systèmes et phénomènes qui agglutinent des éléments hétéroclites (humains et non humains), des échelles spatiales différentes (de la molécule à la planète) et des échelles temporelles dispersées. Dans les sciences de l'ingénieur ou la gestion locale de l'environnement, appelées joliment des « sciencettes » non poppériennes², la modélisation devient aussi un instrument de dialogue technique et social.

Parmi ces modèles qui associent du naturel, de l'humain et du culturel, on

1. Edwards 2010.

2. Bouleau 2002.

peut citer les modèles de transport et de flux de population dans une ville¹, les modèles de gestion de l'eau, le modèle Rains de gestion européenne des pollutions atmosphériques et pluies acides² ou IMPACT (*International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade*), un modèle économique prospectif de l'agriculture mondiale³. Le système économique mondial et ses sous-systèmes (énergie, transport, industrie, agriculture), la biosphère et ses biotopes, la biodiversité ou le climat sont autant de domaines de modélisation possédant cette caractéristique de complexité hétéroclite. Celle-ci induit la nécessité de conjuguer une multiplicité de savoirs ayant des épistémologies et des statuts différents et impliquant différentes cultures et communautés (experts, décideurs politiques, société civile, gens concernés...). L'évolution du modèle est alors souvent dépendante de la survie du réseau des acteurs qu'il fédère ou de sa capacité à répondre aux besoins politiques des décideurs. Plus que jamais, le modèle devient un agrégateur de cultures épistémiques, et donc un outil plus ou moins partagé de gouvernement : la simulation prend le dessus sur la représentation, sort du réalisme et s'ajuste aux nécessités du contrôle des systèmes.

La notion de modèle apparaît dès lors comme un outil essentiel dans l'articulation entre science et action, selon un troisième régime d'expertise dans lequel la mise à l'agenda politique de questions nouvelles conditionne et formate la convocation des scientifiques. Le modèle devient moins important que la modélisation comme activité de projection dans un futur possible et souhaitable. Ces nouvelles formes de modélisation posent des questions inédites et les deux exemples que nous allons détailler témoignent de ce caractère hybride.

La modélisation en économie⁴

Le terme même de « modèle » apparaît chez les statisticiens (à la suite de Fisher et Wald) et chez les économistes, réunis dans la nouvelle Société d'économétrie. Ceux-ci s'inspirent des modèles d'oscillateurs des ingénieurs ou écrivent directement, comme Tinbergen le fait pour la Société des Nations, des modèles d'une vingtaine d'équations inspirées des égalités de la comptabilité nationale naissante et des déterminations hypothétiques des grands agrégats (consommation, investissement...). Keynes

1. Bazzani *et al.* 2003.

2. Kieken 2004.

3. Cornilleau et Leblond 2012.

4. En complément, voir Shenk et Mitchell (dans ce volume, p. 233).

(1939) s'offusquera de cette « cuisine statistique ». Si les modèles formels lui semblent utiles à des raisonnements qualitatifs, il juge téméraire et inconscient de faire reposer les analyses sur les estimations numériques d'un grand nombre de paramètres à partir d'une information statistique mince (11 années) et peu fiable. Les travaux de la Commission Cowles vont néanmoins accoucher, avec Haavelmo (1944), d'une version intégrée des modèles qui combine la notion de modèle mathématique de type walrassien adossé à une théorie, et l'idée d'un modèle aléatoire, qui permet de confronter théorie et données dans une optique vérificationniste ou réfutationniste. Les équations sont des traductions directes de relations économiques de comportement dites autonomes inspirées d'hypothèses théoriques concernant par exemple le niveau de l'investissement ou celui du chômage. Les aléas introduits explicitement dans les équations traduisent à la fois des erreurs de mesure et de spécification (variables oubliées), des effets d'échantillonnage par la nature et par l'observateur, et des résultats de décisions et de comportements individuels différenciés mais inobservables. La nature hybride de ces aléas est problématique si l'on veut analyser les incertitudes, mais elle autorise des tests statistiques, ce qui ouvre des perspectives en matière de réfutation : tester une théorie économique, c'est tester statistiquement les paramètres de son modèle. Ce principe n'a pu se traduire en innovation méthodologique effective qu'après de nombreuses discussions et innovations techniques¹.

Dans le contexte keynésien de l'après-guerre, la modélisation macro-économétrique aura des objectifs plus pragmatiques : fournir des prévisions d'évolution à court terme des économies nationales ou fournir, par simulation de variantes d'un même modèle, des projections à moyen terme dans le cadre d'une planification indicatrice (pour les Pays-Bas ou la France). Le cas exemplaire de la relation de Phillips, représentant dans ces modèles la mécanique du bouclage prix-salaires-emploi, illustre ce double rôle des modèles : validation ou invalidation théorique de cette relation âprement disputée entre keynésiens et monétaristes d'une part, outils d'arbitrage d'autre part entre inflation et emploi ou patrons et salariés dans le cadre de politiques économiques.

Ce paradigme de la Commission Cowles s'effondre au milieu des années 1970 à la suite de la crise pétrolière et monétaire, du changement de régime (stagflation) et des critiques monétaristes qui disqualifient la relation de Phillips². Aux méthodes de la prévision, on commence à préférer les processus multivariés, efficaces dans le court terme, les modèles d'équilibre

1. Morgan 1990, Armatte 2004 et 2010.

2. Malgrange 1990.

général calculables mobilisés dans les opérations d'ajustement structurel par la Banque mondiale. Des méthodes différentes de prospective à long terme font leur apparition, plus souples, fondées sur des *driving forces* bien choisies, et intégrant des changements brutaux anticipés ou voulus par certains scénarios politiques. La méthode des scénarios est expérimentée dans les grandes entreprises, les administrations, au Club de Rome et dans quelques instituts américains liés à la guerre froide. Dans les années 1980, le cadre général devient celui d'un néolibéralisme pour lequel l'État privé de ses fonctions régulatrices n'a plus besoin de modèles de prévision et de planification. S'y substituent des outils d'évaluation *a posteriori* des politiques publiques comme le *benchmarking* (LOLF en France, MOC en Europe...) ou l'économie expérimentale randomisée.

C'est la globalisation financière qui formate désormais l'ensemble de la sphère économique, et le rôle des modèles dans cette conquête est considérable. La préhistoire de la finance avait donné lieu chez Bachelier (1900) aux premières modélisations probabilistes des cours boursiers par un processus brownien continu. La théorie des portefeuilles optimaux de Markovitz et Scharpe, sur la base d'hypothèses semblables, proposait dans les années 1960 de rapporter le rendement d'une action à celui du marché dans son ensemble, en s'appuyant sur les indices du type Dow Jones et CAC 40. Leur modèle a ouvert l'ère nouvelle de la gestion indicielle passive des portefeuilles d'actions. L'apparition des marchés à terme, c'est-à-dire d'un contrat d'échange permettant de se couvrir contre un risque portant sur un futur incertain, a un grand impact à la fois sur le montant des sommes engagées et sur la rapide diffusion des risques. Cette innovation touche à la fois les produits, les mécanismes, les théories, les modèles et les institutions. La théorie de la formation des prix des options, due à Black, Scholes et Merton en 1973, était tout à fait révolutionnaire dans sa méthode de couverture dynamique à l'aide d'un portefeuille d'actions et d'obligations suivant le prix d'une option¹. Elle a non seulement été validée pour rendre compte des marchés qui se sont ouverts (1986 pour le MEDAF en France), mais elle a aussi permis la multiplication de ces marchés, leur configuration et régulation par des critères de mesure des risques (*value at risk*) établis en filiation directe des hypothèses probabilistes des inventeurs, et la mise en œuvre, dans les salles de marchés, de programmes de trading calqués sur leur formule. La crise boursière de 1987 et celle du fonds de placement LTCM (dont Merton et Scholes sont partie prenante) en 1998 ont révélé les caractéristiques particulières

1. Bouleau 1999.

de cette modélisation¹. Bien que l'hypothèse de marche aléatoire continue ait été validée sur la période précédente par une bonne adéquation avec les prix observés, elle s'est montrée complètement inopérante pendant la crise. À cela plusieurs raisons.

Les hypothèses de normalité des cours ont été contestées par Mandelbrot dès les années 1960, une contestation prolongée dans les années 1990 par des arguments théoriques (les cours ne résultent pas de chocs aléatoires homogènes et indépendants), des tests empiriques, des propositions visant à remplacer cette loi par une loi de Pareto-Lévy faisant une plus large place aux risques élevés, et par une remise en cause de l'indépendance et de la continuité du processus. Les auteurs de ces travaux (Walter, Taleb) ont proposé de parler dans ce cas d'un risque de modèle, s'ajoutant au risque dont traite le modèle.

Au-delà de cette critique technique, la principale leçon de cette crise est l'assimilation abusive du système financier à un système physique pour lequel la théorie et le modèle ne changent pas l'objet « naturel ». La théorie financière moderne (contrairement à une théorie physique) fait partie intégrante de la réalité car elle décrit des institutions, des croyances et des actions humaines qu'elle contribue à façonner. C'est l'argument de la performativité des théories et des modèles, mobilisé par MacKenzie pour rendre compte de la crise du LTCM et repris par Callon² : la théorie financière moderne configure la réalité pour qu'elle ressemble à la théorie. La théorie des options a fait l'hypothèse d'un marché efficient et elle a introduit des pratiques de trading qui, en se multipliant et se répétant à grande fréquence, ont rendu le marché liquide et efficient. On est proche de la prophétie autoréalisatrice qui dans le cas général peut être considérée comme favorable à la théorie aussi bien qu'à la stabilité des institutions mises en place. La notion de prophétie autoréalisatrice a été « inventée » par le père de Merton au sujet de rumeurs de banqueroute qui suffisent à déclencher une ruée dans les banques et provoquent la banqueroute réelle. Dans ce cas, la performativité est plutôt contre-productive, pathologique et perverse. Dans le cas du LTCM, l'efficience des marchés, favorable au fonds depuis 1993, s'est transformée en un grave défaut après l'été 1998 en propageant très vite des signaux interprétés à tort comme des vrais prix. Un marché financier est une création humaine dont la vie dépend de millions de décisions humaines (d'achat et de vente) et dont le fonctionnement est donc dépendant du contexte social dans lequel il s'inscrit. Les hypothèses du modèle n'étaient pas fausses mais

1. MacKenzie 2000.

2. Au sens de Callon 2007.

seulement inadaptées au contexte, et sensibles aux décisions prises par les agents au moment critique qui n'ont fait que renforcer la bulle. Les hypothèses d'efficience des marchés ont entraîné une explosion du trading motivé par les occasions d'arbitrage qui se multiplient dès lors que les individus et les institutions interagissent. Les marchés financiers sont par ailleurs largement faussés par des ententes illicites, des contrôles par des agences non indépendantes, des pressions de lobbies variés – des pratiques qui relèvent du crime organisé ou des chocs exogènes (les défauts de la dette russe, les vacances des traders en août, le jeu des banques utilisant le même modèle). Les décisions individuelles des traders sont prises dans des jeux de croyances et de confiance, des phénomènes de mimétisme, des stratégies collectives qui ont, comme pour la monnaie, un rôle essentiel.

La titrisation des dettes et la crise des *subprimes* qui a suivi en 2007-2008 offrent d'autres exemples d'interactions destructrices. Les modèles de marchés sont des constructions sociales prises dans des jeux de feedbacks complexes avec l'objet qu'ils modélisent. Prendre le modèle pour la réalité n'est pas correct *a priori* mais la sociologie de la finance nous confirme que les acteurs le font facilement. Le domaine de la finance offre ainsi des vues saisissantes sur la complexité des liens entre modèle et réalité mais aussi du statut de l'expertise mathématicienne, tour à tour enrôlée, adulée puis montrée du doigt.

Le changement climatique : modèles, simulations, scénarios

La question du changement climatique (CC), après avoir été posée par un certain nombre de lanceurs d'alerte, a donné lieu dans les années 1980 à une gouvernance politique mondiale par le biais d'une convention onusienne (UNFCCC) dont les conférences annuelles (COP) sont très suivies, mais aussi à une gouvernance scientifique singulière par le biais du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC en anglais) chargé de produire des rapports de synthèse des publications scientifiques du domaine.

L'outil principal d'évaluation scientifique est celui de la modélisation globale, c'est-à-dire d'une modélisation d'ensemble des caractéristiques du climat (températures, précipitations, pressions, etc.) et des facteurs de son évolution. Les modèles des climatologues (*global circulation models*) sont fondés sur différentes lois empruntées à la mécanique des fluides (équations de Navier-Stokes), à la physique des radiations (effet de serre) et à la chimie, et se caractérisent par des échelles de temps et d'espace

multiples et imbriquées, et par des compromis entre méthodes statistiques et déterministes. Toutes ces connaissances scientifiques de l'atmosphère, étendues ensuite aux couplages avec les océans et les calottes glaciaires, interviennent dans des modèles numériques qui fournissent, pour chaque maille à trois dimensions de l'atmosphère (latitude, longitude, altitude), les valeurs moyennes au temps t des variables climatiques. Évidemment, ces modèles ne peuvent prendre en compte *tous* les phénomènes physiques en jeu, et une bonne partie de ceux-ci donnent lieu à des *paramétrisations* qui confèrent aux modèles un double caractère théorique et empirique. D'ailleurs, ces paramétrisations sont souvent des « petits modèles » au sein du modèle global. De plus, pour utiliser et valider les modèles globaux, les scientifiques ont besoin d'autres outils et ils font appel à une pléiade de modèles intermédiaires (qu'ils dénomment leur « laboratoire de modèles ») qui entrent dans des protocoles complexes d'intercomparaisons. Les modèles globaux, portés chacun par un groupe de laboratoires, fonctionnent comme de gros simulateurs chargés d'agrégier des connaissances de statut épistémologique fort différent, et de reproduire dans leurs grandes lignes les climats passés et actuels.

Le maître mot est ici celui de « scénario ». Les scénarios expriment, par des prévisions numériques et par des récits (les *story lines*) qui en assurent la cohérence spatiale et temporelle, les hypothèses retenues quant au forçage du système climatique par les perturbations anthropiques. C'est donc à d'autres communautés scientifiques que celle des sciences du climat – les communautés des économistes, des sociologues, des biologistes (ces derniers s'intéressant aux interactions entre cycles du carbone et couvertures végétales et forestières) – que revient la charge d'élaborer de tels scénarios. Ceux qui furent établis par le GIEC, fondés sur des critères variables d'ouverture et de résilience des économies, ont fourni un cadre à toutes les simulations effectuées pour les quatre premiers rapports du GIEC. Les scénarios sont injectés en input de modèles dits d'évaluation intégrée pour évaluer l'effet de diverses politiques économiques et environnementales.

Les modèles d'évaluation intégrée (*integrated assessment models*, IAM) sont en général à structures modulaires (comme le modèle IMPACT de l'alimentation mondiale); ils intègrent un module démographique, des modules économiques généraux, des modules sectoriels et des modules climatiques sommaires. Leur construction combine des approches *top-down*, des approches *bottom-up*, et une forme issue de la dynamique des systèmes à l'œuvre dans le modèle World 3 du Club de Rome¹. Les

1. Armatte 2007.

IAM servent aussi à une expertise des impacts et des politiques de réduction ou d'adaptation, expertise relevant d'un schéma logique linéaire et séquentiel de type PSIR (*pression, state, impact, responses*) calqué sur la structuration même du GIEC en trois groupes. Ils peuvent être associés à d'autres outils de calcul économique de type coût-bénéfice, comme le rapport Stern (2006) l'a illustré. Ce qui caractérise une telle modélisation intégrée est donc moins la nature du modèle lui-même que sa mobilisation par le réseau d'acteurs qui vont le faire vivre et évoluer, et le cadrage de l'expertise auquel l'outil et les acteurs vont contribuer : une évaluation de coûts ou de politiques, la négociation d'un dispositif ou d'un protocole, etc.

Cette architecture de la modélisation soulève des questions épistémologiques (quel type de connaissance obtient-on avec de tels outils ?) aussi bien que des questions sociales et politiques (quelle expertise cela fournit ?). En se substituant à la méthode expérimentale, aux méthodes de prévision statistique inférentielle et à la méthode hypothético-déductive, la méthode de la simulation numérique s'avère à la fois très puissante et d'une fiabilité contestable. Cela se traduit par des *incertitudes*, directement visibles dans les rapports du GIEC par la dispersion des projections. Les tentatives de décomposition de ces incertitudes en fonction de leur source (variabilité intrinsèque des phénomènes, variété des scénarios possibles, variation des sorties de modèles) s'avèrent incapables de les expliquer et encore moins de les réduire. Que faire alors de ces incertitudes ? Faut-il les traduire en risques mesurables par des coûts et des probabilités associées ? Cela semble bien difficile, car on ne sait pas sur quelle base évaluer les coûts et surtout on ignore avec quel coefficient actualiser les coûts du futur. Quant aux probabilités affectées à des résultats qui mélangent de nombreuses procédures, les controverses se multiplient sur ce qui pourrait être aussi à la base de leur évaluation : possibilités des futurs, dires d'experts, fréquences dans les simulations.

Le schéma linéaire PSIR a été vivement mis en accusation. Le GIEC a remédié partiellement à ces critiques pour son 5^e rapport, rendu public en 2014, en substituant au schéma séquentiel une organisation parallèle des travaux des deux communautés réunies autour d'une même cible. Celle-ci est définie en termes de *concentration atmosphérique des gaz à effet de serre* : les climatologues entrent en input de leurs modèles différentes valeurs de la concentration, et les socio-économistes explorent les scénarios de politiques économiques et environnementales correspondant à des trajectoires censées aboutir à ces mêmes valeurs de concentration. La tentation pour les modélisateurs est alors de vouloir inclure des processus de plus en plus nombreux, non seulement climatiques mais

aussi bio- et géochimiques, et utiliser de gros modèles du système Terre (*Earth system models*)¹.

Il reste de nombreuses questions sur le rôle des simulations dans l'expertise climatique. La crise économique de 2008 suivie de l'échec de la conférence de Copenhague en 2009 ont révélé les fragilités constitutives du couple gouvernance politique du climat / expertise scientifique du GIEC². Si la crise de confiance a pu se diffuser comme une traînée de poudre, des institutions politiques vers celles de la science, c'est aussi parce que les régimes successifs d'expertise coexistent partiellement et suscitent des attentes contradictoires de la part des scientifiques, des politiques ou dans l'opinion publique.

Mentionnons trois questions particulièrement vives qui concernent les modèles comme outils dans le dialogue social et la gouvernance politique :

1) Quel usage doit-on faire des travaux de modélisation dans la gouvernance globale ? Entre ceux qui trouvent qu'ils n'ont qu'un faible écho dans la cacophonie générale de la négociation, et ceux qui estiment au contraire que les modélisations ont eu une importance excessive au point de fausser le jeu, comment traiter objectivement de ces enjeux et de leur institutionnalisation ?

2) Comment mobiliser les résultats des modèles globaux à un niveau local ou national, le seul qui intéresse les acteurs de terrain ? On sait que les modèles AOGCM (*atmosphere-ocean global circulation models*) ont de mauvais résultats dans certaines régions, d'où les programmes visant une comparaison systématique de modèles pour en établir les fiabilités relatives. Toutefois, entre la course à la réduction du maillage et donc à la puissance des ordinateurs et le *downscaling* artificiel, n'est-il pas temps de s'orienter résolument vers d'autres outils pour aborder les problèmes d'adaptation et de vulnérabilité au changement climatique ? Et si le diagnostic de l'Anthropocène se confirme, comment ne pas scruter davantage du côté des sciences sociales, inventer des chemins de transition écologique pour nos sociétés, et identifier les forces sociales souhaitant ces transformations ?

3) Comment associer plus intimement les populations concernées aux travaux des experts pour dépasser la méfiance ou au contraire la trop grande confiance dans les résultats de ces modèles ? L'enjeu démocratique de cette nouvelle science est de taille et il est loin d'être résolu.

1. Dahan 2010.

2. Aykut et Dahan 2011.

Conclusion

L'objet modèle a considérablement évolué depuis le début du xx^e siècle et joue aujourd'hui un rôle central dans les domaines les plus divers, un rôle qui ne se réduit plus à la validation d'une théorie, mais intervient dans la simulation du fonctionnement et de l'évolution de systèmes complexes. Cette fonction majeure modifie ses statuts épistémologique et social. Elle le conduit à l'interface directe avec la décision et la gouvernementalité politique. À travers les exemples de l'économie et du climat, nous avons décrit quelques-uns des dispositifs associés à la modélisation, suggéré que la notion abstraite de modèle hors de toute contextualisation historique et sociale a peu de sens, et discuté quelques questions, épistémologiques et politiques, qui s'attachent à ces nouveaux usages.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARMATTE Michel, 2004, « Les sciences économiques reconfigurées par la *pax americana* », in Dominique PESTRE et Amy DAHAN (dir.), *Les Sciences pour la guerre (1940-1960)*, Paris, Éd. de l'EHESS, p. 129-174.
- 2007, « Les économistes face au long terme : l'ascension de la notion de scénario », in Amy DAHAN (dir.), *Les Modèles du futur*, Paris, La Découverte, p. 63-90.
 - 2010, *La Science économique comme ingénierie. Quantification et modélisation*, Paris, Presses des Mines.
- ARMATTE Michel et DAHAN Amy, 2004, « Modèles et modélisations (1950-2000). Nouvelles pratiques, nouveaux enjeux », *Revue d'histoire des sciences*, vol. 57, n° 2, p. 245-305.
- AUBIN David et DAHAN Amy, 2002, « Writing the History of Dynamical Systems and Chaos: *Longue Durée* and Revolution, Disciplines and Culture », *Historia Mathematica*, vol. 29, n° 3, p. 273-339.
- AYKUT Stefan et DAHAN Amy, 2011, « Le régime climatique avant et après Copenhague. Sciences, politiques et l'objectif des deux degrés », *Natures, sciences, sociétés*, n° 19, p. 144-157.
- BACHELARD Suzanne, 1979, « Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles », *Actes du colloque « Élaboration et justification des modèles »*, éd. par Pierre Delattre, Paris, Maloine.
- BACHELIER Louis, 1900, « Théorie de la spéculation », *Annales de l'École normale supérieure*, n° 17, p. 21-86.
- BARBEROUSSE Anouk et LUDWIG Pascal, 2000, « Les modèles comme fictions », *Philosophie*, n° 68, p. 16-43.
- BAZZANI Armando, GIORGINI Bruno, SERVIZI Graziano et TURCHETTI Giorgio, 2003, « A Chronotopic Model of Mobility in Urban Spaces », *Physica A*, vol. 325, n°s 3-4, p. 517-530.
- BENNETT Stuart, 1993, *History of Control Engineering (1930-1955)*, Stevenage, Peter Peregrinus.
- BISSELL Chris, 2004, « Models and Black Boxes: Mathematics as an Enabling Technology

- in the History of Communication and Control Engineering», *Revue d'histoire des sciences*, vol. 57, n° 2, p. 305-338.
- BOLTZMANN Ludwig, 1902, « Model », in *Encyclopaedia Britannica*.
- BOULEAU Nicolas, 1999, *Martingales et marchés financiers*, Paris, Odile Jacob.
- 2002, « La modélisation et les sciences de l'ingénieur », in Pascal NOUVEL (dir.), *Enquête sur le concept de modèle*, Paris, PUF.
- CALLON Michel, 2007, « Performative Economics », in D. MACKENZIE, *Do Economists Make Markets ?*, Princeton, Princeton University Press, p. 311-357.
- CARNAP Rudolf, 1928, *Der logische Aufbau der Welt*, Berlin, Weltkreis; trad. fr., *La Construction logique du monde*, Paris, Vrin, 2002.
- CARNAP Rudolf, HAHN Hans et NEURATH Otto, 1985 [1929], « La conception scientifique du monde », in Antonia SOULEZ (dir.), *Manifeste du Cercle de Vienne et autres écrits*, Paris, PUF.
- CORNILLEAU Lise et LEBLOND N., 2012, « Gouverner la sécurité alimentaire globale par la modélisation ? Le cas du modèle IMPACT de l'IFPRI », communication non publiée, Paris, Collège doctoral de l'IFRIS.
- DAHAN Amy, 1996, « L'essor des mathématiques appliquées aux États-Unis : l'impact de la Seconde Guerre mondiale », *Revue d'histoire des mathématiques*, n° 2, p. 149-213.
- 2001, « History and Epistemology of Models: Meteorology (1946-1963) as a Case-Study », *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 55, n° 5, p. 395-422.
- 2004, « Axiomatiser, modéliser, calculer. Les mathématiques, instrument universel et polymorphe d'action », in Dominique PESTRE et Amy DAHAN (dir.), *Les Sciences pour la guerre (1940-1960)*, Paris, Éd. de l'EHESS.
- (dir.), 2007, *Les Modèles du futur*, Paris, La Découverte.
- 2010, « Putting the Earth System in a Numerical Box ? The Evolution from Climate Modeling toward Climate Change », *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, n° 41, p. 282-292.
- DAHAN Amy et GUILLEMOT H., 2006, « Changement climatique. Dynamiques scientifiques, expertise, enjeux géopolitiques », *Revue de sociologie du travail*, n° 48, p. 412-432.
- DAHAN Amy et PESTRE Dominique (dir.), 2004, *Les Sciences pour la guerre (1940-1960)*, Paris, Éd. de l'EHESS.
- EDWARDS Paul N., 2010, *A Vast Machine: Computer Models, Climate Data and the Politics of Global Warming*, Cambridge (MA), MIT Press.
- FORRESTER Jay Wright, 1971, *World Dynamics*, Cambridge (MA), MIT Press.
- GALISON Peter, 1996, « Computer Simulations and the Trading Zone », in Peter GALISON et David J. STUMP (dir.), *The Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power*, Palo Alto (CA), Stanford University Press, p. 118-157.
- HAAVELMO Trygve, 1944, *The Probability Approach in Econometrics*, supplément à *Econometrica*, n° 12.
- ISRAEL Giorgio, 1996, *La Mathématisation du réel*, Paris, Seuil.
- KEYNES John Maynard, 1939, « Professor Tinbergen's Method », *Economic Journal*, n° 49, p. 558-568.
- KIEKEN Hubert, 2004, « RAINS : modéliser les pollutions atmosphériques pour la négociation internationale », *Revue d'histoire des sciences*, vol. 57, n° 2, p. 379-408.
- LEGAY Jean-Marie, 1997, *L'Expérience et le modèle*, Paris, Éd. de l'INRA.
- MACKENZIE Donald, 2000, « Fear in the Markets », *London Review of Books*, n° 13, avril, p. 31-32.

- *et al.*, 2007, *Do Economists Make Markets? On the Performativity of Economics*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- MALGRANGE Pierre, 1990, « Forces et faiblesses des modèles macroéconométriques », in Bernard CORNET et Henry TULKENS (dir.), *Modélisation et décisions économiques*, Louvain, De Boeck.
- MEADOWS Dennis L. et MEADOWS Donella H., 1974 [1972], *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, New York, New American Library.
- MORGAN Mary S., 1990, *The History of Econometric Ideas*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MORGAN Mary S. et MORRISON Margaret, 1999, *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- PESTRE Dominique, 2003, *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, Paris, Quæ.
- SINACEUR Hourya, 1999, « Modèle », in Dominique LECOURT (dir.), *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, PUF, p. 649-651.
- SISMONDO Sergio (dir.), 1999, « Modeling and Simulation », dossier thématique de *Science in Context*, vol. 12, n° 2.
- VARENNE Franck, 2007, *Du modèle à la simulation informatique*, Paris, Vrin.
- WALLISER Bernard, 2011, *Comment raisonnent les économistes. Les fonctions des modèles*, Paris, Odile Jacob.

TROISIÈME PARTIE

LES SCIENCES
ET LE GOUVERNEMENT
DU MONDE



17 Genre, corps et biomédecine

DELPHINE GARDEY

Vers 1907 aux États-Unis, des cas de typhoïde apparaissent sans qu'il soit possible d'en expliquer l'origine. Les autorités sanitaires formulent une hypothèse inédite : l'existence de personnes porteuses saines du virus et agents de sa transmission. La presse se focalise autour du personnage de Mary Mallon, une cuisinière ambulante, bientôt placée en quarantaine. Hospitalisée contre son gré, elle devient un véritable « rat de laboratoire » avant d'être relâchée puis réhospitalisée après avoir contaminé de nouvelles personnes. Appelée « Typhoid Mary », cette femme robuste et peu coopérative est stigmatisée autant par les autorités médicales que par la presse du fait de son comportement « viril » et de son caractère « récidiviste ». Accusée d'avoir repris son métier de cuisinière, cette célibataire sans famille ni soutien passe plus de vingt-six années dans des institutions de santé. Comparant son cas à celui d'autres porteurs sains de la typhoïde, l'historienne Judith Walzer Leavitt conclut que c'est bien son statut social (de domestique) et son genre non conforme (une femme d'âge mûr, célibataire, virile et rebelle) qui explique en partie le sort qui lui est réservé¹. La liberté de Mary Mallon ne semble pas opposable à ces objectifs plus nobles que sont les progrès des connaissances médicales ou la nécessité de préserver la société d'une contamination insidieuse.

L'anecdote ouvre le xx^e siècle témoignant d'une époque passée et d'une époque à venir. Du côté du passé, le cas Mallon rejoint la tradition des « corps vils » : ces êtres insuffisamment inscrits dans le social pour pouvoir être protégés. Du corps des orphelins, des prostituées, des aliénés, il a été possible de disposer pour expérimenter et il est toujours nécessaire de s'en préoccuper. La préservation du corps social en dépend². En tant que socialement peu conforme et peu insérée, la vie de Mary Mallon compte

1. Walzer Leavitt 1995.

2. Chamayou 2008.

◀ Mary Mallon, dite « Typhoid Mary », en quarantaine à l'hôpital de Brother Island, État de New York. Elle y est restée de 1907 à 1910. Sa seconde quarantaine a duré 23 ans, de 1915 à 1938.

peu au regard des vies qu'elle risque d'atteindre et de mettre en danger. D'une certaine façon, sa vie peut être effacée. L'effacement a cours car, en un sens, il a déjà eu lieu¹.

Du côté du présent et de ce qui est à venir, le cas Mallon poursuit et modifie des discussions et des pratiques antérieures. Il pose sur nouveaux frais la question du risque et des moyens (expérimentaux, sanitaires, disciplinaires) qu'il convient ou non d'employer pour réaliser les objectifs (médicaux et sociaux) espérés. La discussion est ancienne et détaillée par Jean-Baptiste Fressoz à propos de l'inoculation de la variole à la fin du XVIII^e siècle². La question du coût et du bénéfice n'est pas seulement une question médicale ou sociale, elle devient une question juridique et politique. Dans le cas Mallon, la privation abusive de liberté ouvre une brèche dans l'un des fondements constitutionnels de la démocratie américaine : jusqu'où, afin de soigner et de prévenir, peut-on s'émanciper du respect des droits individuels fondamentaux ? Ce n'est pas l'effacement de la vie concrète de Mary Mallon qui pose problème mais l'effacement de la valeur abstraite de sa vie et donc possiblement de toute vie. Là réside une contrainte nouvelle pour l'intervention publique dans le domaine de la santé et de la gestion médicale des corps.

Le cas Mallon permet de bousculer certaines idées attendues. Quand on pense « typhoïde », on ne pense pas *a priori* « genre ». Pourtant, le genre en tant que rapport social compte dans cette histoire (tout comme, dans d'autres cas, les rapports coloniaux). Le genre peut jouer un rôle ou être en jeu dans nombre d'aspects de l'histoire contemporaine des corps et des relations qu'ils entretiennent avec les sciences médicales. Mobiliser la typhoïde, c'est signaler que les identités sociales et sexuées sont négociées dans le rapport avec les techniques et les institutions médicales et pointer le fait que des savoirs et pratiques scientifiques participent à la définition et à la production de ces identités³. Un autre intérêt de cette histoire est de poser la question des « corps qui comptent », des vies qui méritent d'être soignées ou sauvées⁴, de ce qu'il convient de mettre en œuvre pour favoriser, limiter ou contrôler les vies qui méritent d'être vécues et reproduites⁵. Il est encore de pointer le fait que les corps ordinaires se trouvent transformés dans leurs destinées par l'expérience de la maladie et la relation avec les technologies médicales⁶, et d'ouvrir à la question

1. Butler 2010.

2. Fressoz 2012.

3. Gardey et Löwy 2000, Chabaud-Rychter et Gardey 2002.

4. Butler 2010.

5. Boltanski 2004.

6. Akkrich et Laborie 1999.

plus vaste de la gestion et de la régulation des corps sains et malsains, du normal et du pathologique¹.

Pour parcourir le xx^e siècle, je me propose de tirer bénéfice de l'accumulation de cas, de façon à mesurer des tendances et effets de long terme et à apprécier les dynamiques historiques qui ont cours. Des questions classiques sont reprises : le corps des femmes et celui des hommes connaissent-ils un destin asymétrique comme source d'investigation ou de considération médicale et publique au xx^e siècle ? Quelles recherches et pratiques médicales sur les corps sexués et reproducteurs ? Le genre intervient-il comme facteur discriminant dans l'évolution de la condition sanitaire des populations au cours de cette période ? Quels sont les savoirs et les pratiques médicales qui contribuent à produire des connaissances sur la différence de sexe et la « nature » de cette différence ? Qu'en est-il de la construction sociale et médicale du masculin ? En quoi les savoirs et les pratiques médicaux sur les sexualités contribuent à modifier les rapports de genre ? Dans quelle mesure peut-on parler d'extension de la sphère de ce qui relève du médical dans la définition des expériences sociales de l'identité au cours du xx^e siècle ? Comment évolue la frontière du « naturel » et du « culturel » et en quoi les biotechnologies contribuent à les transformer ? Finalement, qu'est-ce qui est déplacé en termes de limites et de contraintes, quelles sont les capacités d'agir et les nouvelles normes qui apparaissent en fin de période ?

Entre deux guerres : ruptures et continuités

*Le corps féminin : un objet durable
d'investissement médical et politique*

Si les figures déviantes de l'hystérique, de l'aliénée, de la prostituée ou de la criminelle intéressent au plus haut point les sciences médicales et les autorités sanitaires au xix^e siècle, le corps féminin continue de mobiliser savoirs et pratiques médicaux au xx^e siècle, mais différemment. Considéré comme le site de la sexualité (à la différence du corps des hommes), le corps féminin est triplement investi entre les deux guerres comme corps sexué (ou sexuel), corps gestant et corps reproducteur – ces deux dernières qualités engageant directement le « corps de la nation ». Les femmes n'intéressent pas tant pour elles-mêmes que pour ce qui les qualifie dans leur différence et leur rôle social. De ce point de vue,

1. Fassin et Memmi 2004.

asymétrie et surinvestissement sont manifestes du côté des autorités médicales et des autorités étatiques.

Un nouveau partage semble intervenir au début du xx^e siècle. La psychiatrie et la sexologie naissante héritent de l'hystérique et des « plaisirs pervers », cependant qu'en biologie et avec l'endocrinologie s'ouvre un espace d'investigation inédit centré sur l'œstrus, l'ovulation, le cycle menstruel et – du côté des sciences animales – l'insémination artificielle¹. Si la sexologie (américaine d'abord) se focalise sur la sexualité comme « propre de l'homme », les sciences de la reproduction se détachent des questions sexuelles et partagent avec les sciences vétérinaires et l'animal nombre d'agendas, acquérant une forte autonomie et une forte légitimité en fin de période. Encore en gestation, les sciences reproductives n'affectent véritablement la vie des femmes que par le biais de l'endocrinologie. L'organothérapie (le développement d'applications cliniques à partir d'extraits de gonades naturelles puis synthétiques) connaît, en effet, un véritable âge d'or en Europe et aux États-Unis de la fin des années 1920 aux années 1940. Les traitements et indications sont multiples : depuis les maux traditionnellement définis comme féminins (maux de tête, irritabilité, dépression) jusqu'à la définition de certains moments de la vie des femmes comme pathologies nécessitant traitement (menstruations, ménopause)². La médicalisation du cycle de vie sexuel des femmes est en cours, portée par l'initiative de laboratoires à la recherche de débouchés³.

Contrôler la matrice, contrôler les populations

Les sciences de la vie ne sont pas seules à redéfinir le paysage des relations entre genre, sciences et corps au cours de cette période. La démographie, mais aussi des actrices et des acteurs non scientifiques, jouent un rôle majeur dans la discussion sur les capacités génératives des femmes et le contrôle des populations. La préoccupation de certains groupes en faveur du contrôle et de la limitation des naissances s'amplifie dans l'entre-deux-guerres. Les partisans du *birth control* en Europe comme aux États-Unis (féministes, néomalthusiens, certains socialistes) espèrent des bienfaits individuels, familiaux et sociaux dans la limitation des naissances vue comme une source d'émancipation individuelle et de progrès social. La féministe Margaret Sanger, « mère » de la pilule contraceptive, est une figure majeure de cette période et de la suivante⁴. Au congrès de démographie

1. Clarke 1998, Oudshoorn 1994.

2. Oudshoorn 1994.

3. Oudshoorn 1993, Löwy 2006.

4. Marks 2001, Clarke 1998.

qui se tient à Genève en 1927, elle est pourtant seule à défendre le *birth control* contre la communauté des démographes, exclusivement masculine, et centrée sur des orientations eugénistes¹.

Les frontières entre néomalthusiens et eugénistes sont fragiles et complexes au cours de cette période. Dans l'un et l'autre cas, un bénéfice social, voire national, est espéré au titre d'une « bonne » gestion des populations. Mais le programme eugéniste se caractérise par la dimension de sélection des populations qu'il introduit. Pour certains courants eugénistes, la fécondité des couches populaires apparaît comme une aberration génétique : il faut viser la reproduction des « meilleurs », non celle des plus faibles, et cette sélection s'appuie sur un programme biologique. L'eugénisme s'intéresse au *birth control* comme moyen de contrôler tout à la fois la quantité et la « qualité » de la reproduction. L'idée d'une reproduction humaine scientifiquement organisée prend ici toute sa signification². Le « national » et le « racial » s'opposent aux méfaits de la « civilisation moderne » dont les effets « débilissants » nuisent à « l'instinct génésique »³. Comme Donna Haraway l'a souligné pour les États-Unis, la période est aux passages et aux basculements incessants entre le concept de « race » et celui de « population »⁴. La fondation de l'Institute of Racial Biology en 1924 à l'université de Chicago marque, en contexte démocratique, ce projet d'une « nouvelle biologie des populations » basée sur la génétique⁵.

*Natalisme, maternalisme, eugénisme, virilisme :
dissonances européennes*

Le projet eugéniste se déploie de façon différenciée suivant les pays et les régimes. Pour l'essentiel, les pays européens demeurent pronatalistes. Cette politique nataliste prend la forme d'une politique maternaliste, qu'elle soit d'initiative patronale ou étatique, qui se manifeste dans les lois sociales, le droit du travail, la protection des femmes enceintes, les aides au moment de la naissance. L'obsession nataliste française s'exprime avec la loi de 1920 qui criminalise l'avortement. Si la France, comme la plupart des pays catholiques, ne connaît pas de politique active de prévention des « naissances indésirables », cette réalité concerne les États-Unis, la Suède, la Norvège ou la Suisse. Elle se traduit par des politiques de

1. Vienne 2006.

2. Marks 2001.

3. Vienne 2006.

4. Haraway 2003.

5. Clarke 1998 (p. 114).

stérilisation visant des populations spécifiques et touche hommes et femmes (en témoigne la stérilisation des « criminels » et des épileptiques aux États-Unis entre 1907 et 1920). On estime, par exemple, que le programme suédois de stérilisation encore effectif dans les années 1970 concerne au total 60 000 personnes¹.

L'Allemagne nazie se différencie par la violence de sa politique, mais aussi par son antimaternalisme. Dans le cas nazi, le racisme hygiénique et anthropologique l'emporte sur le pronatalisme. La question n'est pas celle du nombre mais du contrôle de la « qualité ». Le culte est ici celui de la paternité et de la virilité, non celui de la maternité². Du côté de l'eugénisme et de la sélection des populations, on rappellera quelques aspects de cette politique meurtrière. L'euthanasie de 150 000 patients et la stérilisation de 300 000 « malades héréditaires » témoignent des liens profonds entre « psychiatrie ordinaire » et « médecine nazie », délimitant une « biocratie » qui sera renforcée et redéployée dans l'entreprise plus systématique d'extermination entreprise par le Troisième Reich³. 5 000 personnes (des femmes pour l'essentiel) trouvent la mort du fait de la seule politique de stérilisation qui est remplacée à partir de 1939 par une politique d'euthanasie et d'extermination dont le nombre des victimes est, on le sait, autrement plus important⁴. Culte de la paternité (biologique et raciale), culte de la virilité sont perceptibles dans d'autres domaines. Si l'endocrinologie européenne et l'organothérapie se concentrent pour l'essentiel sur le féminin comme maladie et comme objet de traitement, les performances viriles des hommes occupent au premier plan l'Allemagne nazie, allant jusqu'à dessiner les prémisses d'une andrologie (pendant biochimique du champ gynécologique), dont le programme est interrompu avec la chute du régime⁵.

Soigner, être soigné.e : le genre du care

Durablement, la production des savoirs sur le féminin et le masculin, comme plus largement l'exercice de la médecine sont des privilèges masculins. Le « corps médical » dans sa partie haute et prestigieuse semble éternellement mâle. Cette asymétrie structurante est à peine ébranlée par l'apparition des étudiantes en médecine puis des premières femmes médecins, qui se voient généralement limitées aux clientèles

1. Marks 2001.

2. Bock 1996.

3. Massin 1996.

4. Marks 2001.

5. Gaudillière 2003.

« particulières » que sont les enfants ou les femmes¹. Pourtant, la contribution des femmes aux activités médicales est ancienne et s'incarne dans la figure désormais laïque de l'infirmière ou celle, traditionnelle, de la sage-femme. La division sociale et genrée du travail médical n'est pas sans conséquences sur la définition, le contenu et la conduite des activités. Bashford montre ainsi la persistance en Angleterre au début du siècle des concepts sanitaires s'appuyant sur les savoirs des *nurses*, en dépit du développement d'une médecine bactériologique et microbiologique². Elle insiste sur la longue durée des pratiques féminines de régulation des malades par le travail infirmier consistant à « mesurer, enregistrer, réguler les entrées et sorties de nourriture (vomir, déféquer, boire, uriner, suer) ». Si le médecin « guérit », l'infirmière soigne. Ce qui est de l'ordre de la charité, de la vocation, du don de soi ou du sacrifice est assimilé au féminin ; ce qui est de l'ordre de la connaissance, de l'expérimentation, de la maîtrise des techniques, de la carrière et du « professionnalisme » se décline au masculin. L'engagement des personnes (et des corps) dans le travail médical est en lui-même le fait d'un rapport de genre.

Corps au travail

Ce dernier point ouvre plus généralement à la question du *corpus laborans* et de l'impact des conditions de travail sur la santé. Peu de travaux s'intéressent de façon systématique à l'analyse des pathologies contractées du fait de l'activité professionnelle dans une perspective de genre³. Quelques cas classiques jalonnent l'histoire industrielle : les mouvements des ouvrières de l'industrie des allumettes à la fin du XIX^e siècle en France qui dénoncent les effets délétères du phosphore blanc sur leur santé⁴ ; les agonies publiques des ouvrières des *dial painters* du New Jersey affligées de nécroses de la mâchoire en raison de l'utilisation de peinture à base de radium⁵ et dont les mouvements de protestation contribuent à une première campagne de prévention des risques en milieu industriel⁶. Ici, le recours à l'expertise scientifique autorise ou non « l'établissement des faits » et des responsabilités juridiques, tant pour obtenir réparation que pour définir des mesures protectrices⁷. À l'évidence, hommes et

1. Edelman 2005.

2. Bashford 1998.

3. Bruno et Omnès 2004.

4. Gordon 1993.

5. Pour rendre les aiguilles lumineuses.

6. Clark 1997.

7. Bale 1990.

femmes ne partagent pas les mêmes risques au travail en raison de la ségrégation sexuée des activités et des professions.

Du côté du travail scientifique, on peut mentionner le secteur de la radiochimie en France et le laboratoire Curie où travaillent en moyenne 30 % de femmes entre 1920 et 1940. En dépit des alertes et des symptômes, les radiochimistes négligent et minimisent les risques causés par la manipulation du radium et des radioéléments. Peut-être la résistance de ces femmes scientifiques devant certaines pathologies est-elle le meilleur témoignage de la conviction partagée du sacrifice qu'il est nécessaire de consentir comme scientifique (et comme femme, pour devenir scientifique) en cette période pionnière⁸ ? Il est intéressant de noter qu'en dépit de recherches sur les effets des rayons sur les corps (et en particulier sur les gonades sexuelles et la stérilité féminine) les « experts » ne recommandent pas de mesures préventives. La question de la stérilité n'apparaît clairement qu'après 1945 comme une préoccupation méritant la mise en œuvre de protections au moment où les effets mutagènes des radiations sont reconnus. Ici encore, c'est le corps des travailleuses en tant que corps (possiblement) gestant qui retient l'attention, témoignant de cette focalisation durable de l'intervention médicale sur l'appareil reproducteur féminin.

Le temps de la modernité : transformations, médicalisation et émancipation ? (1950-1980)

Les transformations de la condition maternelle

La femme enceinte est une figure de choix pour passer d'un âge à un autre, dans cette époque de boom démographique qu'est l'après-guerre. Les conditions sanitaires autour de la grossesse et de l'accouchement s'améliorent dans les pays industrialisés dans la période 1935-1950 en dépit des années dures du conflit. On assiste alors à une réduction importante de la mortalité maternelle et périnatale. Après 1950, ces taux de mortalité atteignent un niveau plancher qui sonne comme une conquête définitive. Depuis les années 1930, de nombreux facteurs contribuent à l'amélioration des conditions sanitaires de l'accouchement : les sulfamides, la pénicilline, la transfusion sanguine, l'amélioration de la sécurité de l'anesthésie, mais aussi de nouvelles formes de surveillance de la grossesse qui permettent, par exemple, de diagnostiquer une hypertension avant la

8. Fellinger 2010.

crise d'éclampsie. La mise en place des États-providences et de nouvelles assurances sociales accompagne et favorise ce mouvement après 1945¹. Dans les années 1950-1960, la césarienne comme l'anesthésie semblent moins risquées, et de nouveaux appareils de surveillance de la grossesse et de l'accouchement se développent cependant que les hôpitaux se modernisent.

Le boom démographique de l'après-guerre n'altère sans doute pas les tendances malthusiennes de plus long terme. Les couples investissent dans des naissances moins nombreuses et moins répétées. Mettre au monde un bébé en bonne santé dans de bonnes conditions semble devenir une exigence de la modernité. Durant le conflit, des campagnes en faveur du Distilbène vantent aux femmes enceintes américaines les vertus d'un produit destiné à éviter les fausses couches et, alors que les soldats rentrent enfin dans leur foyer, garantissent la naissance de « beaux et gros bébés² ». Prescrit à des millions de femmes américaines, le Distilbène est également utilisé en France pour prévenir les avortements spontanés entre 1948 et 1977, produisant des effets secondaires dramatiques : cancers, stérilité.

De la maternité heureuse à la sexualité heureuse ?

Que faut-il entendre par « maternité heureuse » ? L'expression emprunte aux mouvements du contrôle des naissances et du planning familial qui se développent et, pour certains pays, s'institutionnalisent au cours de cette période. À la convergence des mouvements féministes et d'associations de militants et professionnels, le planning familial vise surtout dans les années 1960 le bonheur conjugal et une harmonie familiale et sociale obtenue grâce au contrôle et à la limitation des naissances. La méthode Ogino, technique phare de l'époque, renvoie à ces dimensions conjugales de la contraception. La « maternité heureuse », c'est aussi l'accouchement sans douleur, dont les préceptes et le contenu idéologique sont définis et propagés (quoique de façon encore limitée) pendant cette période³. La « maternité heureuse », c'est enfin, et aussi, le débouché d'une sexualité conjugale heureuse. L'histoire de la sexologie met en évidence la façon dont cette spécialité médicale (à mi-chemin entre la psychiatrie et la gynécologie) se déploie comme science de la conjugalité. L'objet de la sexologie consiste pour l'essentiel à soigner les dysfonctions et pathologies dites

1. Merci à Marilène Vuille pour son aide sur ces points.

2. Langston 2010.

3. Vuille 1998.

« mineures » du couple, une orientation qui contribue autant à produire l'hétérosexualité comme sexualité normale qu'à indiquer ce qui doit être rejeté dans l'ordre de la pathologie ou de la déviance, comme c'est le cas de l'homosexualité¹. Le chemin vers la « sexualité heureuse » n'est, on le voit, pas à l'ordre du jour pour tous. Bien qu'elle concerne peu de personnes, la sexologie contribue, cependant, et depuis son autorité toute médicale, à légitimer la recherche du plaisir et, en particulier, l'orgasme féminin, comme objectif d'une sexualité épanouie.

Quel genre de transformations de l'environnement sanitaire ?

Avant d'envisager comment le « jouir sans entraves » s'inscrit à l'ordre du jour idéologique et concret des vies des un.e.s et des autres, revenons sur la figure du bébé « sain », le DES (Distilbène), et ce qu'ils disent des transformations en cours. L'après-guerre « bénéficie » du boom de l'industrie chimique et des transferts technologiques qui en résultent vers la société civile. Sortant de l'usine ou du laboratoire, les substances susceptibles d'être toxiques et d'affecter les corps sont de plus en plus présentes et diverses. La période est en effet à la multiplication des risques de troubles endocrinologiques liés à la multiplication des produits chimiques et de leurs usages. Au-delà des prises orales pour prévenir les fausses couches, le DES est employé largement dans les élevages de volailles et de bovins. Au summum de son utilisation dans les années 1960, il est présent dans l'alimentation de 95 % des bovins américains, remplissant cet objectif moderne de « bien » nourrir la population et de lui permettre d'accéder en masse aux protéines avec des effets secondaires pathogènes importants sur des millions d'enfants. Cette réalité nouvelle d'un environnement devenu toxique pour les corps (parmi lesquels le DDT est un agent de premier plan) n'est en fait connue et reconnue qu'à partir des années 1970. L'indépendance des expertises scientifiques, la politique commerciale agressive des groupes chimiques et pharmaceutiques commencent à être questionnées². Les conséquences sanitaires de ces transformations environnementales sont encore peu étudiées dans une perspective de genre. Les années Distilbène et, parmi les conséquences les plus graves, la prévalence des cancers du vagin pour les filles des mères en ayant consommé pendant leur grossesse, tout comme les années thalidomide et les nombreuses déformations des enfants nés sous thalidomide comptent comme des aspects marquants de cette histoire.

1. Burgnard 2012.

2. Langston 2010, Boudia et Jas (dans ce volume, p. 381).

Vers les libertés et les droits contraceptifs

Participant de ces transformations, les œstrogènes synthétiques sont largement utilisés dès l'entre-deux-guerres pour « soulager » les femmes de la ménopause qui est de plus en plus considérée comme une condition nécessitant traitement. La médicalisation de la ménopause, définie comme une maladie de la déficience, témoigne de la force des conceptions culturelles quant à la nature désordonnée des femmes et au fait que la régulation hormonale (et chimique) puisse en venir à bout. En cette période de confiance pleine et entière dans le progrès, il n'est pas anodin qu'une solution « universelle » (suivant le concept de Margaret Sanger) à la question de la limitation des naissances trouve à se réaliser sous la forme d'une « simple pilule ». « Entreprise moderniste par excellence¹ », la pilule contraceptive appartient pleinement au fordisme et à la production de masse. Présentée comme une solution scientifique à la préoccupation occidentale de l'« explosion démographique » du tiers-monde, elle marque l'aboutissement des orientations prises dans le champ des sciences reproductives durant les décennies précédentes, répond aux préoccupations géopolitiques et idéologiques du moment, et signale l'aboutissement (et le point de départ) d'un projet féministe qui fait de la libre disposition des corps, du contrôle des naissances et bientôt de la liberté sexuelle un objectif majeur.

La pilule contraceptive conquiert ses utilisatrices par la liberté qu'elle offre (notamment par rapport à leurs partenaires sexuels) puisque sa prise peut être détachée de l'acte sexuel, à la différence d'autres techniques contraceptives (diaphragme, préservatif, retrait). D'abord très contrôlée et utilisée dans le seul contexte conjugal, elle connaît un essor sans précédent aux États-Unis puis en Europe, réclamée par des millions de femmes des classes moyennes. Elle participe ainsi d'un mouvement social et culturel plus vaste. La pilule devient un agent de la « révolution sexuelle », dans un contexte de remise en cause des normes familiales et des formes traditionnelles d'autorité, et de revendication à l'autonomie. La bataille pour les droits contraceptifs et le droit à l'avortement caractérise le renouveau féministe de cette période. La légalisation de l'avortement, qui intervient au cours des années 1970 dans la plupart des pays occidentaux, marque, à terme, une rupture fondamentale dans l'histoire longue des relations entretenues entre les femmes, leur corps (la matrice ou l'utérus), les hommes, les médecins, l'État. Cette relation

1. Marks 2001.

est profondément modifiée par une revendication (et une possibilité) de souveraineté inédite qui manifeste la fin du contrôle patriarcal sur le corps féminin et, ainsi, d'un certain ordre biopolitique.

Il n'est pas anodin que le premier « contraceptif universel » se soit décliné au féminin. Cette réussite scientifique (sociale et culturelle) est le fruit d'une accumulation des connaissances et de pratiques (gynécologie, obstétrique, endocrinologie) sur le corps des femmes et exprime cette assimilation toujours (re) naturalisée entre reproduction humaine et corps féminin. L'exclusion de la fertilité masculine des discours et pratiques médicales comme des discours et pratiques politiques est durable¹. Pas de contraceptifs masculins commercialisés avant les dernières décennies du xx^e siècle, autant par défaut de science que d'habitudes culturelles permettant d'envisager sérieusement le corps masculin comme corps sexué et reproducteur. La pilule contribue à la médicalisation de la sexualité des femmes. Le mouvement est ambivalent : les femmes acquièrent de l'autonomie *via* les technologies et l'offre médicale et modifient ainsi les possibilités de maîtrise de leur destinée. Ces nouvelles capacités d'agir sont pourtant profondément liées à l'extension du champ du médical qui est à la fois appropriable et non appropriable, source d'autonomie et source de nouvelles contraintes, comme s'en plaignent les mouvements féministes du type *selfhelp* contestant l'autorité médicale dans les années 1970-1980.

Les promesses de la postmodernité : coûts et gains de genre (1980-2014)

*« Libertés reproductives » et « enfant par projet » :
troubles dans la reproduction ?*

Il est désormais commun de constater l'importance prise par les questions médicales dans nombre d'aspects de nos vies sociales. Cette évolution prend deux formes principales à la fin du xx^e siècle : à l'évidence un nouveau mode de « gouvernement des corps » se met en place, et les questions du « corps », de la « santé » et de la « vie » prennent une place croissante dans le « gouvernement des affaires humaines² ». Par ailleurs, nombre d'expériences nouvelles de l'identité sociale ou de genre, l'existence, la vie ou la survie du sujet sont définies ou conditionnées par les ressources biomédicales.

1. Pfeffer 1993.

2. Fassin et Memmi 2004 (p. 10).

Le premier bébé-éprouvette (1978) marque pour Adèle Clarke une « vraie frontière », puisque s'y joue la modification des « faits de vie »¹. Si le temps « moderne » des sciences reproductives était celui de la normation, de la régulation et du soin, les « nouvelles technologies de la reproduction » marquent un régime inédit de manipulation des processus et des produits. La dissociation entre sexualité et engendrement, rendue normativement possible par les méthodes contraceptives et l'avortement, ouvre l'ère de « l'enfant par projet ». Le mariage (ou l'institution) ne fait plus l'enfant ; l'enfant est le fruit du désir et de la volonté des parents (quel que soit leur sexe)². Ces transformations dans l'ordre des mœurs, des relations familiales et de genre coïncident avec le temps du management « par projet » et trouvent dans l'offre biotechnologique des ressources qui apparaissent comme autant de réponses et de promesses en particulier à ces nouveaux fléaux contemporains que semblent être l'infertilité et la stérilité, dont l'histoire reste à écrire en contexte occidental.

Le développement des technologies de la reproduction réitère de l'ancien et produit du nouveau en termes de genre. Du côté de l'ancien, les interventions médicales s'exercent surtout sur le corps des femmes – l'appareil reproducteur féminin pouvant même être intensément mobilisé pour régler la question de l'infertilité masculine (comme c'est le cas avec la technique d'injection intracellulaire du sperme du géniteur biologique, ISCI)³. Du côté du nouveau, le déplacement de la fécondation et de la gestation vers le laboratoire contribue à inventer de nouvelles catégories médicales et sociales : le couple stérile, le donneur de sperme, la donneuse d'ovules ou d'utérus, le patient « non né »⁴. Ces technologies peuvent être utilisées comme des ressources dans le cadre des parentés homosexuelles et conditionnent ainsi la réalisation de nombre de projets parentaux. Finalement, les moyens d'accès sans précédent sur le contenu de l'utérus (échographie, amniocentèse, chirurgie fœtale) contribuent à la dissociation du couple mère-fœtus et à l'émergence du fœtus sur la scène publique. Les implications sociales, ethniques et de genre du processus de commodification des « produits gestatifs » (gamètes, utérus), comme on le voit dans le cas du don marchandisé de sperme dans le cadre libéral américain ou les formes contractuelles de gestation pour autrui, sont donc complexes et encore en devenir⁵.

1. Clarke 1998.

2. Boltanski 2004.

3. Löwy 2000.

4. Casper 2000.

5. Becker 2000.

On retiendra de cette période que les frontières du genre et des corps sont profondément déplacées et redéfinies *via* les biotechnologies contemporaines. Plus encore, les conditions de ce qui permet que la vie soit, les éléments de définition de ce que la vie est ou peut être, ainsi que l'instanciation des vies qui comptent et méritent d'être soutenues (on pensera par exemple aux développements considérables de la médecine de la grande prématurité depuis trois décennies), sont particulièrement engagés dans ces processus. La réalité d'un possible nouvel eugénisme (c'est-à-dire l'organisation de la non-venue au monde de certaines naissances : sourds, trisomiques) n'est pas à vrai dire substantiellement explorée pour les sociétés occidentales.

Dissonances de sexe et de genre : la fin de la norme hétérosexuelle ?

Judith Butler ouvre sa réflexion dans *Gender Trouble* en avouant le caractère existentiel d'un travail qui veut contribuer à « rendre les vies possibles¹ ». Reprenant la généalogie du gouvernement des corps et des populations « déviantes » (homosexuelles et intersexes) marquée par la criminalisation, la répression et la médicalisation, elle interroge la possibilité pour ces « vies » d'exister tant au plan subjectif, social que politique. Le temps ouvert par la « révolution sexuelle » est celui de l'affirmation et de la reconnaissance des sexualités et des identités sexuelles différentes. Sortir d'une condition criminalisée, déviante ou pathologique (la médicalisation marque le passage de l'un à l'autre) a été un enjeu majeur des mouvements homosexuels contemporains. Alors que les homosexuels sont parvenus à disparaître de la classification du *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* en 1974, une population nouvelle, les transsexuels, y entre comme objets / sujets médicaux et d'intervention.

Dès l'entre-deux-guerres, des personnes intersexes font l'objet de prises en charge médicales qui visent à « réparer » et réorienter dans le sens d'une plus grande lisibilité (médicale et sociale) des indicateurs et des organes sexués jugés problématiques. Ces pratiques cliniques reposent sur l'endocrinologie et la chirurgie réparatrice. À partir des années 1950 et de la plateforme médicale mise en place à l'université Johns Hopkins, la pratique dominante jusqu'aux années 1990 vise à assigner chirurgicalement et socialement un sexe à l'enfant intersexué, souvent à l'insu des parents et des enfants eux-mêmes.

Détaillant cette histoire, les travaux de Bernice Hausman insistent

1. Butler 2006.

sur la singularité de la question transsexuelle¹. Elle montre que le transsexualisme n'est pas l'expression nouvelle d'un désir atemporel mais qu'il se trouve au contraire

complètement dépendant, comme fait social et scientifique, du développement de techniques médicales telles que l'endocrinologie et la chirurgie plastique, et de leur capacité à établir les conditions nécessaires à l'émergence d'une demande pour le changement de sexe, comprise comme indicateur de la subjectivité transsexuelle.

Les transsexuels se définissent comme des personnes devant obtenir un traitement médical pour être reconnus tels. Leur position subjective dépend de leur relation à l'ordre médical. Il s'agit donc d'une catégorie de l'expérience et de l'identité qui est le reflet de conditions sociales et culturelles indissociables de pratiques scientifiques et techniques spécifiques. Ici, c'est de façon très active que la médecine « fait » des femmes ou des hommes susceptibles ou non d'avoir une vie sexuelle (de préférence hétérosexuelle) à défaut de pouvoir avoir une vie procréative. Hausman met en évidence que l'homophobie est centrale dans l'histoire des technologies de la transsexualité.

Depuis les années 1990, la contestation de ces techniques médicales ainsi que des protocoles qui permettent d'y entrer ou d'en bénéficier a débouché sur de nouvelles revendications de la part de collectifs ou d'associations « trans, inter, queer ». On notera, par exemple, les revendications de l'association suisse « Zwischengeschlecht » qui milite, au nom des « droits humains », contre les opérations réalisées à la naissance et attire l'attention des autorités médicales et internationales sur les conséquences des chirurgies imposées aux nouveau-nés et aboutissant à des mutilations génitales irréversibles.

*La construction médicale du masculin et de la sexualité :
de la médication à la performance*

Moins invasif, le traitement médical de l'impuissance masculine *via* le Viagra ne semble être que promesse. D'abord objet de la psychanalyse puis de la sexologie, l'impuissance masculine est profondément redéfinie au cours des années 1980 par les urologues. Loin de s'enquérir de soigner la personne ou la relation sexuelle, ils donnent un cadre plus limité à leur domaine d'intervention, passant du vocabulaire de l'impuissance (et du

1. Hausman 1995.

« psychogène ») à celui de la « dysfonction érectile » (et de l'organique)¹. Dans le cadre de cette nouvelle étiologie organiciste, la neuroendocrinologie joue un rôle central comme c'est le cas pour les traitements contemporains des troubles de la sexualité chez les femmes, tels que la perte de désir *post-partum*². Les firmes pharmaceutiques, ici celle qui a inventé le silnédafil (molécule du Viagra), jouent un rôle déterminant. L'extension de la définition clinique du trouble érectile s'avère considérable, comprenant de plus en plus de patients potentiels. Dans le cas français, le cadre préalable de régulation du médicament (les autorités conditionnent drastiquement prescription et remboursement) est rapidement subverti et dépassé par l'utilisation « récréative » du Viagra par automédication.

Ces performances masculines et au masculin (hétéro et gay), ces injonctions à la performance sexuelle semblent contemporaines de la « performance » au double sens proposé par Judith Butler pour penser une nouvelle politique de l'identité et des sexualités³. Elles sont des pratiques de signification et de réitération des identités de genre et des normes sexuelles ainsi que la manifestation d'une *agency* (ou « puissance d'agir »). Pourtant, manque à cette connotation émancipatrice une déclinaison managériale. L'« accomplissement de soi » *via* les biotechnologies se décline dans un contexte d'offre médicale puissant, susceptible de définir tout autant la « nature » et le « cadre » des problèmes à traiter, les frontières de ce qui peut ou doit relever du médical, que les solutions thérapeutiques qui conviennent. Il intervient dans un contexte productiviste et néolibéral qui voit l'extension constante de la sphère du marchand et de ce qui peut être marchandisé.

Faut-il, dans ces conditions, continuer à placer sous le seul registre de l'individu, de sa liberté et de ses choix, ces nouvelles pratiques ? La « pharmacopée » ou le « marché du désir » et de la performance sexuelle au féminin⁴ marchent-ils avec l'offre technologique de pointe et les nouveaux marchés de la fécondation artificielle, de la gestation pour autrui, de la réparation sexuelle ou de l'amélioration de soi, tels que la chirurgie esthétique ? Le dépassement de soi (de ses propres limites procréatives, sexuelles ou de genre) peut-il être envisagé sans tenir compte des marchés considérables que constituent les technologies biomédicales et la pharmacopée ? Alors que le « nouvel esprit du capitalisme »⁵ semble faire reposer sur les individus la charge de valoriser leur corps comme

1. Giami 2004.

2. Hirt 2009.

3. Butler 2006.

4. Fishman 2004.

5. Boltanski et Chiapello 1999.

force de travail, comment concilier normes managériales et proclamations iréniques de l'accomplissement de soi ?

Multiplication des possibilités d'*enhancement*, pharmacopées neuroleptiques des troubles de la menstruation et du désir, traitements au long cours des désordres comportementaux des enfants « suractifs », nous rappellent les enjeux économiques mais aussi normatifs et politiques de ces « solutions » médicales qui sont aussi des « solutions sociales et politiques ». Une réflexion qu'il semble urgent de poursuivre dans une perspective politique et de genre à propos de la position actuellement hégémonique des neurosciences¹.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKRICH Madeleine et LABORIE Françoise (dir.), 1999, « De la contraception à l'enfantement. L'offre technologique en question », *Les Cahiers du genre*, n° 25.
- BALE Anthony, 1990, « Women Toxic Experience », in Rima D. APPLE, *Women, Health and Medicine in America*, New Brunswick (NJ), Rutgers University Press, p. 403-431.
- BASHFORD Alison, 1998, *Purity and Pollution: Gender, Embodiment and Victorian Medicine*, Basingtoke, Macmillan.
- BECKER Gay, 2000, « Espoir à vendre. Commercialisation et consommation de techniques d'assistance médicale à la procréation aux États-Unis », *Sciences sociales et santé*, vol. 18, n° 4, p. 105-126.
- BOCK Gisela, 1996, « Equality and Difference in National Socialist Racism », in Joan Wallach SCOTT (dir.), *Feminism and History*, Oxford, Oxford University Press, p. 267-292.
- BOLTANSKI Luc, 2004, *La Condition fœtale. Sociologie de l'engendrement*, Paris, Gallimard.
- BOLTANSKI Luc et CHIAPELLO Ève, 1999, *Le Nouvel Esprit du capitalisme*, Paris, Gallimard.
- BRUNO Anne-Sophie et OMNÈS Catherine, 2004, *Les Mains inutiles. Inaptitude au travail et emploi en Europe*, Paris, Belin.
- BURGNARD Sylvie, 2012, *Produire, diffuser et contester les savoirs sur le sexe. Une sociohistoire de la sexualité dans la Genève des années 1970*, thèse de doctorat de sociologie, université de Genève.
- BUTLER Judith, 2006, *Trouble dans le genre. Le féminisme et la subversion de l'identité*, Paris, La Découverte.
- 2010, *Ce qui fait une vie. Essai sur la violence, la guerre et le deuil*, Paris, Zones.
- CASPER Monica, 2000, *The Making of the Unborn Patient*, New Brunswick (NJ), Rutgers University Press.
- CHABAUD-RYCHTER Danielle et GARDEY Delphine (dir.), 2002, *L'Engendrement des choses. Des hommes, des femmes et des techniques*, Paris, Éd. des Archives contemporaines.
- CHAMAYOU Grégoire, 2008, *Les Corps vils*, Paris, La Découverte.

1. Dussauge et Kaiser 2012.

- CLARK Claudia, 1997, *Radium Girls: Women and Industrial Health Reform (1910-1935)*, Chapel Hill (NC), University of North Carolina Press.
- CLARKE Adele, 1998, *Disciplining Reproduction: Modernity, American Life and the Problem of Sex*, Berkeley (CA), California University Press.
- DUSSAUGE Isabelle et KAISER Annelyse, 2012, «Re-Queering the Brain», in Robyn BLUHM *et al.* (dir.), *Neurofeminism*, Palgrave Macmillan.
- EDELMAN Nicole, 2005, «Les femmes médecins», in Jacqueline CARROY *et al.* (dir.), *Les Femmes dans les sciences de l'homme (XIX^e-XX^e siècle). Inspiratrices, collaboratrices ou créatrices*, Paris, Seli Arslan.
- FASSIN Didier et MEMMI Dominique, 2004, *Le Gouvernement des corps*, Paris, Éd. de l'EHESS.
- FELLINGER Anne, 2010, «Femmes, risque et radioactivité en France. Les scientifiques et le danger professionnel», *Travail, genre et sociétés*, n° 1, p. 147-165.
- FISHMAN Jennifer, 2004, «Manufacturing Desire: The Commodification of Female Sexual Dysfunction», *Social Studies of Science*, vol. 34, n° 2, p. 187-218.
- FRESSOZ Jean-Baptiste, 2012, *L'Apocalypse joyeuse*, Paris, La Découverte.
- GARDEY Delphine et LÖWY Ilana (dir.), 2000, *L'Invention du naturel. Les sciences et la fabrication du féminin et du masculin*, Paris, Éd. des Archives contemporaines.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul, 2003, «La fabrique moléculaire du genre. Hormones sexuelles, industrie et médecine avant la pilule», in Ilana LÖWY et Hélène ROUCH (dir.), dossier «La distinction entre sexe et genre», *Cahiers du genre*, n° 34, p. 81-104.
- GIAMI Alain, 2004, «De l'impuissance à la dysfonction érectile», in D. FASSIN et D. MEMMI (dir.), *Le Gouvernement des corps*, Paris, EHESS, p. 77-108.
- GORDON Bonnie, 1993, «Ouvrières et maladies professionnelles sous la Troisième République. La victoire des allumettiers français sur la nécrose phosphorée de la mâchoire», *Le Mouvement social*, vol. 3, n° 164, p. 77-138.
- HARAWAY Donna, 2003, *The Haraway Reader*, New York, Routledge.
- HAUSMAN Bernice, 1995, *Changing Sex: Transsexualism, Technology and the Idea of Gender*, Durham (NC), Duke University Press.
- HIRT Caroline, 2009, «La sexualité postnatale : un objet d'étude négligé par les sciences humaines et sociales», in Catherine DESCHAMPS, Laurent GAISSAD et Christelle TARAUD (dir.), *Hétéros. Discours, lieux, pratiques*, Paris, EPEL, p. 145-153.
- LANGSTON Nancy, 2010, *Toxic Bodies: Hormone Disruptors and the Legacy of DES*, New Haven (CT), Yale University Press.
- LÖWY Ilana, 2000, «Assistance médicale à la procréation et traitement de la stérilité masculine en France», *Sciences sociales et santé*, vol. 18, n° 4, p. 75-102.
- 2006, *L'Emprise du genre. Masculinité, féminité, inégalité*, Paris, La Dispute.
- MARKS Lara, 2001, *Sexual Chemistry: A History of the Contraceptive Pill*, New Haven (CT), Yale University Press.
- MASSIN Benoît, 1996, «L'euthanasie psychiatrique sous le III^e Reich. La question de l'eugénisme», *L'Information psychiatrique*, n° 8, p. 811-822.
- ODSHOORN Nelly, 1993, «United We Stand: The Pharmaceutical Industry, Laboratory and Clinics in the Development of Sex Hormones into Scientific Drugs (1920-1940)», *Science, Technology and Human Values*, vol. 18, n° 1, p. 5-24.
- 1994, *Beyond the Natural Body: Archeology of Sex Hormones*, Londres, Routledge.
- PFEFFER Naomi, 1993, *A Political History of Reproductive Medicine*, Cambridge, Polity Press.
- THÉBAUD Françoise, 1986, *Quand nos grand-mères donnaient la vie. La maternité en France dans l'entre-deux-guerres*, Lyon, Presses universitaires de Lyon.

- Vienne Florence, 2006, *Une science de la peur. La démographie avant et après 1933*, Francfort, Peter Lang.
- Vuille Marilène, 1998, *Accouchement et douleur. Une étude sociologique*, Lausanne, Antipodes.
- Walzer Leavitt Judith, 1995, « Gender Expectations: Women and Early Twentieth-Century Public Health », in Linda K. Kerber, Alice Kessler-Harris et Kathryn Kish Sklar (dir.), *US History as Women's History: New Feminist Essays*, Chapel Hill (NC), University of North Carolina Press, p. 147-169.



18 Gouverner un monde contaminé. Les risques techniques, sanitaires et environnementaux

SORAYA BOUDIA ET NATHALIE JAS

Ce chapitre se propose de retracer les transformations des modes de gouvernement des risques techniques, sanitaires et environnementaux au cours du xx^e siècle, c'est-à-dire la manière dont scientifiques, experts, autorités publiques, industriels et groupes critiques pensent, conçoivent et gèrent les dangers posés par les activités technoscientifiques et industrielles. En nous appuyant sur un ensemble de travaux réunis dans deux ouvrages collectifs que nous avons dirigés¹, nous proposons de distinguer trois modes de gouvernement : le gouvernement par la norme, le gouvernement par le risque et le gouvernement par l'adaptation. Ceux-ci émergent dans cet ordre mais ils cohabitent et s'hybrident plus qu'ils ne se remplacent. Nous examinons ces différents modes de gouvernement au travers des concepts, des paradigmes et des régulations auxquels ils donnent lieu. Notre thèse est que les systèmes de régulation qui sont mis en place tout au long du siècle se développent selon une logique d'accommodements qui cherchent certes à protéger la santé publique et l'environnement, mais sans trop contraindre le développement des activités industrielles jugées indispensables. Nous défendons aussi l'idée que les transformations du gouvernement des dangers techniques, sanitaires et environnementaux au cours du siècle résultent des changements dans la gravité et l'échelle des problèmes posés, des échecs des politiques mises en œuvre, des apprentissages qui en découlent, et des renouvellements des critiques et mobilisations. Pour expliciter ces transformations, nous suivons un cas emblématique, celui des toxiques – les substances chimiques et les agents physiques potentiellement dangereux pour la santé et l'environnement.

1. Boudia et Jas 2013 et 2014.

◀ Les déchets électroniques marquent l'expansion quasi continue du monde toxique comme la persistance des inégalités d'exposition. Qingyuan, Chine.

Gouverner par la norme

Les dangers pour l'environnement et la santé posés par le développement de nouvelles technologies tout au long du ^{xx}e siècle prennent racine dans le siècle précédent. Dès le ^{xix}e siècle en effet, les transformations industrielles galopantes entraînent des modifications profondes de l'environnement au prix d'accidents industriels, de contaminations chimiques et d'empoisonnement des corps ouvriers et consommateurs. Ces multiples effets ne sont pas ignorés. Ils donnent lieu au développement de différentes formes de gestion : commissions d'experts, procès, assurances, indemnisations, amélioration des systèmes techniques et développement de réglementations et de nouvelles administrations¹.

Au-delà de leur grande variété, ces dispositifs de gestion contribuent tous à mettre en place un mode de gouvernement des dangers techniques, sanitaires et environnementaux qui repose sur l'idée de la maîtrise et du contrôle : maîtrise de techniques dangereuses, les explosions de machines à vapeur par exemple, ou contrôle des flux des contaminants et de leurs effets par la mise en place de normes techniques ou de valeurs limites d'émission et d'exposition. Ainsi, les systèmes réglementaires œuvrent moins à interdire les usages de techniques ou de substances reconnues comme dangereuses qu'à les confiner dans certains espaces, à certaines populations ou à certains usages. C'est cette logique de confinement qui structure les lois sur les établissements classés qui sont adoptées au cours du ^{xix}e siècle. À partir de la fin du ^{xix}e, on assiste à l'essor de systèmes de régulation nationaux. Ces systèmes portent notamment sur la sécurité des établissements industriels, le contrôle des pollutions, la protection de la santé des travailleurs, la sécurité des produits alimentaires et la production et circulation des substances toxiques². Ces développements ont lieu à un moment où l'État étend ses domaines de compétence tout en transformant ses modes de gestion en installant des administrations dans lesquelles l'expertise technique et scientifique joue un rôle essentiel. La mise en place de ces systèmes s'accompagne du développement de nouvelles disciplines telles que l'hygiène industrielle ou la toxicologie, et de nouvelles professions comme celles des juristes, des chimistes-experts ou des inspecteurs. Ces systèmes de régulation se renforcent dans l'entre-deux-guerres sans parvenir à empêcher des scandales sanitaires résultant de l'extension de certains secteurs d'activité – pollutions par

1. Bernhardt 2004, Massard-Guilbaud 2010, Le Roux 2011, Fressoz 2012.

2. Carpenter 2001, Buzzi, Devinck et Rosental 2006, Dessaux 2007.

accidents industriels, empoisonnements collectifs par des médicaments ou des substances toxiques ayant contaminé des objets de consommation ou des aliments¹.

Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, l'échelle des problèmes posés par les effets délétères sur la santé et l'environnement de l'essor des technosciences change radicalement. L'installation de nouvelles technologies comme le nucléaire et la chimie de synthèse ouvre une nouvelle ère. On assiste à ce qui peut être considéré comme l'une des caractéristiques du second xx^e siècle, la dilatation des échelles spatiales et temporelles auxquelles les problèmes se posent. Désormais, les problèmes ne sont plus locaux mais peuvent toucher l'ensemble de la planète. Ils ne concernent plus uniquement la santé d'individus ou de petits collectifs mais l'ensemble des écosystèmes. Leurs conséquences ne sont pas simplement immédiates mais peuvent se prolonger sur plusieurs générations. Du fait même qu'ils prennent place à des échelles inédites, de l'infiniment petit à l'infiniment grand, les effets sanitaires et environnementaux des innovations se traduisent par des problèmes jusque-là inconnus et auxquels se heurtent les industriels, les experts et les institutions publiques.

Le cas des substances potentiellement toxiques illustre parfaitement l'avènement de problèmes auparavant inconnus et les limites des approches développées jusqu'alors pour les gérer. Dans l'après-guerre, les systèmes de régulation, en profonde recomposition, doivent ainsi faire face à un flot continu de substances nouvelles mises sur le marché et dont la plupart n'ont fait l'objet d'aucune évaluation ni d'aucune régulation préalable. La solution conçue pour limiter leurs éventuels effets toxiques est emblématique du développement d'un gouvernement par les normes : la production de valeurs limites d'exposition. Il s'agit, sur la base de connaissances scientifiques supposées sûres, de fixer les concentrations maximales de chaque contaminant que peuvent contenir un aliment, une ambiance de travail, un médicament, ces concentrations devant garantir l'absence de danger. Ce recours aux valeurs limites est légitimé par le dogme dit fondamental de la toxicologie selon lequel « la dose fait le poison », et par l'idée selon laquelle la nature est capable d'absorber sans dommage une certaine quantité de polluants. Il semble alors possible de déterminer pour chaque toxique et pour chaque usage un seuil d'exposition en dessous duquel aucun effet délétère significatif ne pourra être observé. Le recours aux valeurs limites comme moyen de gestion des effets des toxiques se généralise progressivement à partir des années 1950, que ce soit dans la santé au travail, l'alimentation, les pollutions environnementales ou le

1. Whorton 1974, Sellers 1997.

médicament. Cette généralisation s'effectue cependant sans que la plupart des milliers de substances mises en circulation au cours de la seconde moitié du siècle ne fassent l'objet de la moindre évaluation toxicologique. Les valeurs limites produites sont ainsi souvent le fruit d'un compromis entre experts, administrations et industriels et traduisent un accommodement progressif avec une circulation et des usages des toxiques, y compris des substances particulièrement dangereuses comme les carcinogènes. Le cas de ces derniers est significatif de cette logique d'accommodement qui accompagne le gouvernement par les normes.

Dès les années 1950, à la suite notamment des controverses internationales sur les essais atomiques, des travaux scientifiques montrent qu'il est impossible de déterminer des seuils d'exposition pour ces carcinogènes. Une logique protectrice aurait pu mener à leur interdiction. Cependant, faire ce choix aurait signifié se priver de nombreuses substances indispensables à certains secteurs industriels. L'interdiction étant inenvisageable économiquement, il est rapidement admis par les instances de régulation que les carcinogènes puissent être autorisés dans des proportions fixées par des valeurs limites. Ce positionnement n'est cependant pas aisé à tenir publiquement dans le cadre d'un discours qui promeut la garantie d'une protection totale. Il se traduit par des contradictions, particulièrement visibles dans le domaine sensible de l'alimentation. Différents comités d'experts nationaux et internationaux recommandent ainsi, au milieu des années 1950, l'interdiction totale de carcinogènes dans les aliments. Cette disposition est même officiellement adoptée aux États-Unis en 1958 sous la forme de la Delaney Clause. Cependant, l'interdiction s'avère impossible à mettre en œuvre et, dès la fin des années 1950, les comités d'experts américains et internationaux construisent des systèmes de tests de la carcinogénicité ainsi que des modèles d'extrapolation et d'interprétation des données expérimentales pour produire des valeurs limites d'exposition, y compris pour des carcinogènes avérés¹.

Les accommodements vis-à-vis des principes théoriques de protection absolue de la santé sur lesquels repose le gouvernement par les normes, et la prise de risque qu'ils engendrent, ne prennent pas place sans inquiétudes, interrogations et critiques. Les activités industrielles et leurs effets sur les paysages, la qualité des eaux et de l'air atmosphérique, la santé humaine, les forêts, les cultures ou les animaux d'élevage, ou encore leurs conséquences sociales, avaient suscité dès le XIX^e siècle de nombreuses contestations qui avaient pris la forme de mouvements sociaux impulsés par des syndicats ouvriers, de procès engagés par des riverains ou encore

1. Jas 2013, Boudia 2013a, Vogel 2012.

de campagnes de presse. Ces mouvements se sont poursuivis dans l'entre-deux-guerres et au cours des années 1950, donnant même lieu, aux États-Unis, aux premières mobilisations d'ampleur nationale contre les industries chimiques¹. À la fin des années 1960, les systèmes de régulation de l'ensemble des activités technoscientifiques et industrielles développés depuis la Seconde Guerre mondiale sont placés sous les feux de critiques virulentes et les cibles de mobilisations environnementalistes multiformes et connaissent alors une première crise importante. Les initiatives institutionnelles et privées visant à leur apporter des réponses débouchent sur la conception d'un deuxième mode de gouvernement, le gouvernement par le risque.

Gouverner par le risque

À partir du milieu des années 1950, l'idée selon laquelle l'homme contribue à rendre son environnement toxique pour la santé ne cesse de gagner en importance. Après la vague de controverses sur les effets des retombées radioactives, les pollutions chimiques, en particulier liées aux pesticides et à certaines substances comme les PCB, deviennent l'objet de larges débats. Ces préoccupations apparaissent dans certains cercles professionnels, en particulier celui des spécialistes des cancers ou de la génétique environnementale, mais également dans l'expérience quotidienne des classes moyennes confrontées à la pollution de l'air qu'elles respirent et à la dégradation environnementale des lieux qu'elles habitent. Signe de ce phénomène, la publication en 1962 de *Silent Spring*², écrit par une spécialiste de biologie marine, Rachel Carson, connaît un succès mondial rapide et marque le début effectif d'un mouvement qui gagne en importance à partir de la fin des années 1960³.

L'environnementalisme qui se développe alors met en avant de nouvelles problématiques qui couvrent un large spectre de questions, au premier rang desquelles les effets irréversibles des pollutions environnementales, l'épuisement des ressources, l'importance des impacts sanitaires ou encore l'absence de démocratie dans les choix technoscientifiques⁴. Ces différentes thématiques sont portées par une myriade d'associations animées par des figures comme celle de l'avocat américain Ralph Nader, promoteur du mouvement des consommateurs. Ces associations ne fleurissent pas

1. Ross et Amter 2010.

2. Carson 1962.

3. Hays 1987, Brooks 2009.

4. Boudia et Jas 2007, Brown et Mikkelsen 1990.

qu'aux États-Unis. Les nombreuses conférences préparatoires à la Conférence des Nations unies sur l'environnement humain de 1972 montrent l'existence d'un activisme similaire dans les différents pays de l'Europe du Nord. Dans des logiques d'alliances, de mises en commun de ressources et d'augmentation des capacités d'action, des associations nationales se fédèrent et constituent des réseaux¹ qui, à partir du début des années 1970, se renforcent par la création d'une nouvelle génération d'organisations non gouvernementales à vocation transnationale, comme les Amis de la Terre créés en 1969 ou Greenpeace fondé en 1971.

Ces mobilisations critiques, organisées et multiformes, agissant aussi bien sur les terrains politiques, juridiques que scientifiques, s'inscrivent dans les nombreux mouvements revendicatifs de l'époque et leur empruntent parfois leurs méthodes de contestation radicale. Elles ouvrent une période de crise qui débouche sur des transformations importantes des conceptions et des systèmes de régulation des risques sanitaires et environnementaux. Elles débouchent ainsi sur l'adoption de nouvelles législations, comme le National Environmental Policy Act 1969, le Clean Air Act 1970, le Clean Water Act 1972, le Toxic Chemical Substances Act 1976 aux États-Unis², ou les premières législations environnementales européennes qui prennent la forme de règlements ou de directives comme la directive 67/548/CEE de 1967 sur les substances chimiques, la directive 75/442/EEC de 1975 sur les déchets, la directive dite Seveso de 1982 sur les sites industriels présentant des risques majeurs ou la directive Environmental Impact Assessment (EIA) de 1985 qui rend obligatoire la réalisation d'évaluations des impacts environnementaux de certains projets industriels et d'aménagement. L'adoption de ces législations s'accompagne de la création de nouvelles institutions, notamment d'agences d'évaluation et de régulation comme l'Environmental Protection Agency (EPA) en 1970 ou le National Toxicological Program en 1978 ou, à l'échelle européenne, l'Agence européenne pour l'environnement (EEA) en 1993 et l'Agence européenne de sécurité des aliments (EFSA) en 2002. Cette période est également marquée par un essor sans précédent de l'expertise internationale sur les risques sanitaires environnementaux. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et différentes organisations onusiennes engagent par exemple de nouveaux programmes de recherche et d'expertise et développent des systèmes de mesure et d'évaluation des risques. C'est ainsi qu'est réuni un important corpus de données et que des communautés internationales d'experts se structurent ;

1. Keck 2005, Tarrow 1998, Pellow 2007.

2. Jones 1975, Milazzo 2006.

par exemple dans le cadre du Scientific Committee on the Problems of the Environment (SCOPE) créé en 1969 au sein de l'International Council for Science (ICSU), et qui fait fonction de comité scientifique du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) ; ou dans l'International Programme on Chemical Safety (IPCS)¹ installé en 1980 et dépendant de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

L'analyse de ces transformations institutionnelles pointe un changement dans la manière de concevoir et gouverner les risques techniques, sanitaires et environnementaux. Face à la multiplication des contestations, des scientifiques et des hommes politiques estiment qu'il est nécessaire d'apporter de nouvelles réponses aux débordements engendrés par des activités technoscientifiques et industrielles. Désormais, il s'agit moins de prétendre à une maîtrise totale de ces débordements que de proposer un nouveau contrat social reposant sur une reconnaissance partielle des risques et sur de nouvelles procédures d'évaluation, de gestion et de réparation. Dans un climat de controverses et de tensions politiques, plusieurs communautés d'experts investissent la question de la prise de décision relative aux technologies à risques et cherchent à définir de nouvelles démarches d'action dans un univers controversé². En plus de réflexions sectorielles, ce qui retient l'attention est la définition d'un cadre général et d'une procédure générique permettant de comparer et de classer différents risques. Le thème du *risk assessment* devient l'objet du travail de plusieurs agences fédérales américaines à partir de la fin des années 1960. L'EPA, la Food and Drug Administration (FDA), les National Institutes of Health (NIH), en collaboration avec la National Academy of Science (NAS), le National Research Council (NRC) et la National Science Foundation (NSF) engagent une réflexion conjointe sur la définition d'une méthodologie transversale d'évaluation et de décision des activités présentant des risques technologiques, sanitaires ou environnementaux. Ces travaux ont un écho important dans des organisations internationales telles que le PNUE, l'OCDE, l'OMS ou l'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), qui mettent également en place des comités d'experts pour explorer ces questions.

Tout au long des années 1970, ces différentes réflexions sur les modalités de gestion des risques techniques, sanitaires et environnementaux se concentrent sur la définition des critères et procédures de décision en situation d'incertitude, que cette incertitude concerne le degré de dangerosité ou les perturbations techniques et sociales que ces risques

1. IARC 1972.

2. Boudia 2013b, Cranor 1993, Jasanoff 1990.

engendrent. Deux grandes thématiques sont investies de façon prioritaire par les experts : celle de l'acceptabilité sociale des risques d'une part, celle de la mise en œuvre des méthodes d'analyse économique de l'autre. Si, sur la scène publique, les différents comités d'experts affichent une grande confiance dans leur capacité à définir une méthodologie générale, dans les espaces confinés des mondes experts les critiques et les doutes sont nombreux. Certains acteurs défendent l'idée d'une démarche plus modeste et cherchent d'abord à définir un instrument d'évaluation des risques et les modalités d'articulation institutionnelle entre science et décision pour des cas précis : ceux en particulier des radiations, des substances chimiques et des médicaments. Une association, l'American Industrial Health Council (AIHC), créée à l'automne 1977 par 130 entreprises de la chimie et de la pétrochimie, et au premier rang desquelles se trouvent Shell, Proctor & Gamble et Monsanto, se fait le porte-parole de ce point de vue. Certaines de ces entreprises protestent en effet contre l'essor des politiques de régulation qui, au long des années 1970, n'ont pas réussi à régler les conflits entourant la gestion des activités de production, de commercialisation et les usages des substances potentiellement dangereuses. L'AIHC s'investit dans une série d'actions de lobbying qui promeuvent la séparation de la fonction d'identification et de quantification des risques, de celle du processus de régulation, laquelle inclut des jugements sociaux et économiques. L'AIHC se prévaut du soutien du président de l'Office of Science and Technology Policy (OSTP), favorable à ses analyses¹.

Des réunions régulières entre des membres du groupement industriel et des dirigeants de la NAS et du NRC ont lieu fin 1979 et début 1980. L'AIHC conduit parallèlement un lobbying actif auprès des membres du Congrès et du Sénat, en particulier du président du Subcommittee on Agriculture and Related Agencies dépendant du Senate Committee on Appropriations. Au final, le Sénat approuve l'allocation d'une somme de 500 000 dollars pour une étude sur l'analyse de risque (*risk assessment*). Les objectifs que le Sénat assigne à l'étude sont formulés dans des termes proches de ceux utilisés par l'AIHC. Le rapport produit par le comité d'experts chargé de l'étude, connu sous le nom de « livre rouge » de l'évaluation des risques², propose une démarche qui est aujourd'hui adoptée par la majorité des institutions nationales et internationales en charge de la gestion des substances toxiques. Cette démarche se veut rigoureuse, fondée sur des méthodes scientifiques, celles de la modélisation

1. Boudia 2010.

2. NAS-NRC 1983.

mathématique, et applicable à un large ensemble de problèmes et de situations. Elle se caractérise par la mise en œuvre d'une procédure par étapes qui sépare analyse et décision, par une évaluation des risques, des bénéfices et des coûts additionnels de la protection, et d'une optimisation qui rend compte des différentes alternatives.

La démarche d'analyse et de gestion des risques développée par le « livre rouge » incorpore une certaine conception du politique et du social¹. Les problèmes à traiter ne sont pas des controverses ou des contestations publiques mais des risques faisant l'objet d'un traitement abstrait et formalisé. L'analyse des risques propose de prendre le problème en toute généralité et d'optimiser son traitement en considérant l'ensemble des variables qui le déterminent. Il ne s'agit plus de discuter de la pertinence de développer une activité donnée ou du choix de telle ou telle politique, mais de prendre pour acquis son développement et de travailler sur les meilleures conditions de confinement des problèmes qu'elle peut engendrer. Il s'agit de prendre une décision en tenant compte des ressources, des contraintes et des possibilités, ainsi que de l'anticipation de l'acceptabilité des décisions par les différents acteurs. L'idée qui sous-tend l'analyse de risque est qu'il est possible de définir une méthode « rationnelle » qui prenne en compte les différents intérêts en présence et qui, par une procédure réglée, permette d'aboutir à des consensus collectifs et de décider.

Gouverner par l'adaptation

Depuis les années 1980, les technologies du risque se sont régulièrement transformées avec l'incorporation d'une série de nouvelles procédures. Les comités d'experts d'institutions américaines et d'organisations internationales, comme l'OCDE, le Codex Alimentarius ou l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), ont ainsi régulièrement enrichi l'arsenal des outils pouvant servir à l'évaluation et à la prévention des risques – par exemple en prenant en compte les incertitudes liées au manque de connaissances scientifiques². Ainsi, dans le domaine des toxiques, de nouveaux modèles d'extrapolation ont été régulièrement développés pour répondre aux critiques sur la pertinence de ceux utilisés. Dans d'autres domaines, comme celui de la sécurité des sites industriels ou des catastrophes naturelles, l'analyse des causes d'accidents routiniers ou majeurs,

1. Boudia et Demortain 2014.

2. Jasanoff 2006, Demortain 2011.

avec retour d'expériences, a été un moyen d'améliorer tel ou tel aspect de l'évaluation et de la gestion des risques. Certaines crises, qui pointent l'opacité du travail réalisé au sein des comités d'experts et les nombreux conflits d'intérêts dans lesquels ces derniers sont pris, ont conduit, dès les années 1980 dans certains États américains et au cours des années 1990 en Europe – notamment sous l'effet de la crise de l'ESB –, à l'adoption de démarches plus rigoureuses et plus protectrices. Par ailleurs, les différentes agences d'évaluation et de gestion des risques ont investi massivement la question de la communication publique afin améliorer la « perception » des risques. L'expertise et la régulation des risques prônent désormais la « transparence » et la « participation », et cherchent à la fois à informer les populations concernées et à les impliquer dans la prise de décision sur les niveaux de risque acceptables¹.

Toutefois, ces politiques et dispositifs, qui visent à garantir des niveaux de risque « acceptables » socialement, n'ont jamais réussi à construire des consensus durables. La réalité matérielle des dégradations a obligé les industriels comme les autorités publiques à renouveler leurs modes de gouvernement des dangers techniques, sanitaires et environnementaux. La montée en puissance de problèmes à caractère global comme le changement climatique, la diminution de la biodiversité et la généralisation des contaminations, ou la visibilité d'accidents majeurs – de Tchernobyl à Fukushima en passant par Bhopal – donnent aux problèmes sanitaires et environnementaux une existence quasi permanente dans l'espace public. Ces problèmes et leurs conséquences dramatiques nourrissent des controverses et contestations sans cesse renouvelées, et obligent les autorités publiques et les industries à chercher à étoffer leur arsenal d'instruments de gestion des problèmes et de leurs conséquences politiques. C'est que, depuis le début du *xxi*^e siècle, un nouveau mode de gouvernement des effets délétères des technosciences a émergé, le gouvernement par l'adaptation.

Pour saisir le déplacement qui s'opère avec ce nouveau mode d'action, il convient de rappeler que le gouvernement par le risque repose sur l'idée d'un contrôle de la dangerosité en rendant « naturel » un degré d'atteinte jugé « acceptable » à un moment donné. Ce mode de gouvernement suggère que soient mises en œuvre des dispositions pour qu'une catastrophe – crise sanitaire ou accident industriel majeurs par exemple – n'advienne pas. Si des atteintes ne peuvent être radicalement écartées, elles restent peu probables. En cas d'atteintes, des dispositifs de compensation et de remédiation existent et tentent de réparer les dommages occasionnés.

1. Irwin et Wynne 1996, Irwin 2006, Pestre 2013.

La logique qui structure le gouvernement par l'adaptation est tout autre. Ce gouvernement a pour point de départ le constat de l'existence d'un monde intrinsèquement dangereux. C'est cette fois l'ampleur de dommages plus ou moins irréversibles, comme la quasi-certitude que des catastrophes industrielles et environnementales adviendront, qui est naturalisée. Il en résulte que, au quotidien, chacun doit faire face à un environnement dans lequel les dangers sont multiples et nombreux et avec lesquels il doit apprendre à vivre. Le gouvernement par l'adaptation cherche donc, non pas à maîtriser le risque, prévenir toute catastrophe ou protéger les populations contre tous les dangers, mais avant tout à fournir aux populations des outils leur permettant de faire face et de vivre dans cet environnement incertain et hostile. Dit autrement, il s'agit d'organiser le « vivre avec » – avec les risques, les catastrophes et les contaminations. Ce nouveau mode de gouvernement des effets délétères des technosciences met au cœur de sa philosophie et de son discours l'adaptabilité des individus et des populations.

Les territoires hautement et durablement affectés – par des catastrophes industrielles ou des contaminations pérennes – servent alors de laboratoires pour expérimenter l'organisation du « vivre avec ». Il ne s'agit plus de réhabiliter les sites endommagés par des pollutions importantes – ce qui a été rarement fait de manière satisfaisante –, ni de maîtriser les effets collatéraux des activités industrielles polluantes, ni de réparer et compenser ces effets. La démarche à l'œuvre se traduit au contraire par la promotion d'outils devant permettre aux populations de gérer et d'organiser leur vie dans des situations de pollutions durables. Cette démarche est ainsi par exemple au cœur des politiques récentes engagées aux Antilles françaises pour la gestion de la contamination massive et pérenne engendrée par l'usage massif d'un insecticide, le chlordécone¹, ou dans la gestion des conséquences désastreuses des pollutions radioactives causées par l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl². Le rôle des autorités politiques et administratives consiste ainsi à fournir des informations aux populations permettant à chacun de gérer son niveau de contamination et de là le niveau de risque qu'il prend. Des guides sont produits et mis à disposition. Ils informent sur les taux de contaminants contenus dans les aliments produits localement, poissons, légumes, et offrent des recommandations sur qui peut consommer quoi, avec quelle fréquence, dans quelles conditions, ou sur comment cultiver. Ils peuvent aussi fournir des recommandations sur l'entretien de sa maison, le choix

1. Torny 2013.

2. Topçu 2013.

des moments de sortie dans une journée ou la fréquence de pratique de telle ou telle activité. Ce type d'outils n'est pas simplement promu dans les zones très contaminées. De telles recommandations existent désormais aussi dans des zones « ordinaires » : ne pas boire d'eau provenant d'une source qui contient des taux élevés de contaminants, ne pas sortir quand un certain niveau de pollution atmosphérique est atteint, ne pas manger plus d'un certain nombre de fois dans le mois certains aliments parce qu'ils contiennent des contaminants. À chacun, ensuite, de les mettre en œuvre ou non, et de gérer les risques qu'il prend avec sa santé.

Ce gouvernement par l'adaptation est nourri par les transformations à l'œuvre depuis le milieu des années 1990 dans la gestion internationale des crises et catastrophes naturelles. Une série de concepts, auxquels sont associés des pratiques, des groupes professionnels et des institutions, ont ainsi acquis progressivement de l'importance. Le premier d'entre eux est celui de la *preparedness* qui avait été développé pendant la guerre froide aux États-Unis pour préparer les populations à réagir en cas d'attaque atomique, et qui a été ensuite réinvesti dans le domaine de la gestion des grandes catastrophes naturelles¹. Il s'agit de donner aux populations les outils nécessaires pour agir au mieux dans les situations d'urgence qu'induisent ces catastrophes. Dans ces politiques, le concept de vulnérabilité occupe une place importante². Il rend compte du caractère multidimensionnel des catastrophes en s'intéressant aux relations que les populations entretiennent avec leur environnement et aux forces sociales qui les façonnent. Il s'agit de comprendre l'ensemble des éléments matériels, mais aussi politiques et sociaux, qui rendent certaines populations particulièrement vulnérables à certaines catastrophes, voire produisent les catastrophes. Avec le concept de vulnérabilité, on assiste à un déplacement de l'attention. Les causes des catastrophes naturelles ne sont pas seulement environnementales. Elles sont aussi politiques et sociales. C'est sur ces dernières causes qu'il faut agir.

Ce déplacement est encore plus radical avec l'apparition, à la suite de celui de vulnérabilité, du concept de résilience³. Introduit par les Nations unies après qu'elles ont déclaré les années 1990 *International Decade for Natural Disaster Reduction Effort*, ce concept est mobilisé pour construire un nouveau discours du mode de gestion des catastrophes, qu'elles soient naturelles ou qu'elles résultent des activités industrielles⁴. Des expressions comme *sustainable and resilient communities* ou *building community*

1. Collier et Lakoff 2008.

2. Revet et Langumier 2013.

3. Revet 2009a.

4. Revet 2009b, Cabane 2012.

resilience ont ainsi fleuri dans les rapports d'expertise comme dans la littérature de recherche. La mise en œuvre des stratégies de résilience témoigne de déplacements importants. Il ne s'agit plus de travailler à supprimer la catastrophe mais de reconnaître son caractère inéluctable et de préparer les individus en leur donnant les outils qui doivent leur permettre de réduire eux-mêmes l'impact de la catastrophe à venir, ses conséquences immédiates comme à plus long terme. C'est aux individus qu'est prêtée cette capacité de résilience et d'adaptation aux conditions difficiles que produira la catastrophe. L'État et les industries qui peuvent être à l'origine de certaines catastrophes, ou les organisations nationales ou internationales qui interviennent dans les situations de crise, se mettent donc en retrait et transfèrent aux individus une part importante de la gestion des problèmes. Leur responsabilité se limite désormais à la mise à disposition de recommandations sur ce qu'il convient de faire ou de ne pas faire dans telle ou telle situation. Le succès que rencontre le gouvernement par l'adaptation se traduit par la circulation des concepts. L'adaptation est ainsi par exemple devenue le nouveau mot d'ordre dans la gestion des effets du changement climatique. La multiplication d'appels à projets dont la finalité est le développement d'outils visant à aider les individus à faire face aux environnements hostiles dans lesquels ils doivent vivre comme la diffusion du concept de résilience dans différents univers de la gestion des risques et des catastrophes rendent aussi compte du succès de cette approche.

Ces politiques développées par diverses organisations internationales et États montrent que l'art de gouverner des populations, des territoires ou des problèmes consiste désormais à « peser sur les conduites » de ceux qui sont atteints par les aléas climatiques récurrents, les catastrophes, les environnements contaminés, les guerres, voire les crises financières et économiques. Ce type de gestion est à rapprocher de l'essor d'un gouvernement de soi dans lequel chacun a à considérer son corps comme un capital à faire fructifier¹. Toutefois, comme outil de gestion d'un environnement pollué ou profondément endommagé, ou encore d'un environnement politique, social et économique instable, la fructification du capital individuel prend un sens particulier. Elle rend chacun responsable de son existence endommagée et de sa capacité à réagir dans un univers hostile. Elle consiste surtout à faire de chacun son propre « manager » de risque et met l'individu en demeure de définir des solutions devant lui permettre de limiter les effets délétères produits par cet univers. Cette situation n'est pas dénuée de paradoxes, voire de

1. Franklin (dans ce volume, p. 211), Rose 1999, Dean 1999.

cynisme. La reconnaissance de la responsabilité individuelle de chacun peut en arriver à être présentée comme une solution libératrice, un *empowerment* des individus pour faire face à une situation dont ils ne sont pourtant pas responsables et sur laquelle ils n'ont qu'une influence très limitée. Dans un monde devenu intrinsèquement dangereux, cette interprétation de la mise en œuvre d'une « gouvernamentalité néolibérale » se heurte ainsi au fait que, dans bien des cas, ceux qui subissent les effets n'ont en pratique d'autre choix que de continuer à vivre dans ces conditions potentiellement ou effectivement dangereuses pour leur santé et leur vie même.

Conclusion

Pour conclure, nous voudrions tout d'abord souligner que les modes de gouvernement que nous avons identifiés tout au long du xx^e siècle, loin de se remplacer, coexistent, s'hybrident parfois et se sédimentent. Ainsi, le discours de la maîtrise et du contrôle n'a pas disparu et est régulièrement mobilisé, y compris dans le cadre du gouvernement par l'adaptation. Par exemple, le Japon, une année et demie seulement après l'accident de Fukushima du 11 mars 2011, a commencé à vendre ses compétences en matière de sécurité des installations nucléaires. En mettant en avant l'expérience accumulée lors de l'accident, les entreprises japonaises affirment avoir gagné une maîtrise inégalable des questions de sécurité, en particulier dans des contextes environnementaux complexes – des zones sismiques, de tempêtes, etc. –, compétences qu'elles cherchent désormais à valoriser et monnayer. De même, les approches par le risque continuent de structurer nombre de systèmes de régulation : sécurité des installations industrielles, substances chimiques, biotechnologies, nanotechnologies... Enfin, lorsqu'on les examine de près, les dispositifs visant à organiser le « vivre et faire avec » reprennent et incorporent, en partie, les logiques antérieures de confinement ou d'optimisation de la prise de risque.

Nous voudrions pour finir revenir sur un aspect que nous avons assez peu abordé dans cet article, les victimes, celles et ceux qui subissent les effets de ces dangers techniques, sanitaires et environnementaux. Les mobilisations de, et autour de, ces victimes ont été essentielles dans la mise en visibilité des effets délétères des déploiements industriels et technologiques sans précédents qui ont lieu depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale. Ces mobilisations ont développé des critiques multi-formes que les autorités publiques et les industries ont gérées de manière

différenciée, en en intégrant certaines, en en neutralisant d'autres, voire en recourant à une répression violente. Ces mobilisations ont largement contribué à la création de formes de protection et de précaution, de nouvelles législations et de nouveaux droits. Cependant, malgré des avancées indéniables, un bilan des méfaits, des compensations pour les dommages causés et des réhabilitations des territoires contaminés laisse clairement entrevoir que les modes de gouvernement qui ont résulté des transformations du xx^e siècle n'ont en rien réglé des problèmes qui ont été laissés en héritage aux sociétés du xxi^e siècle¹.

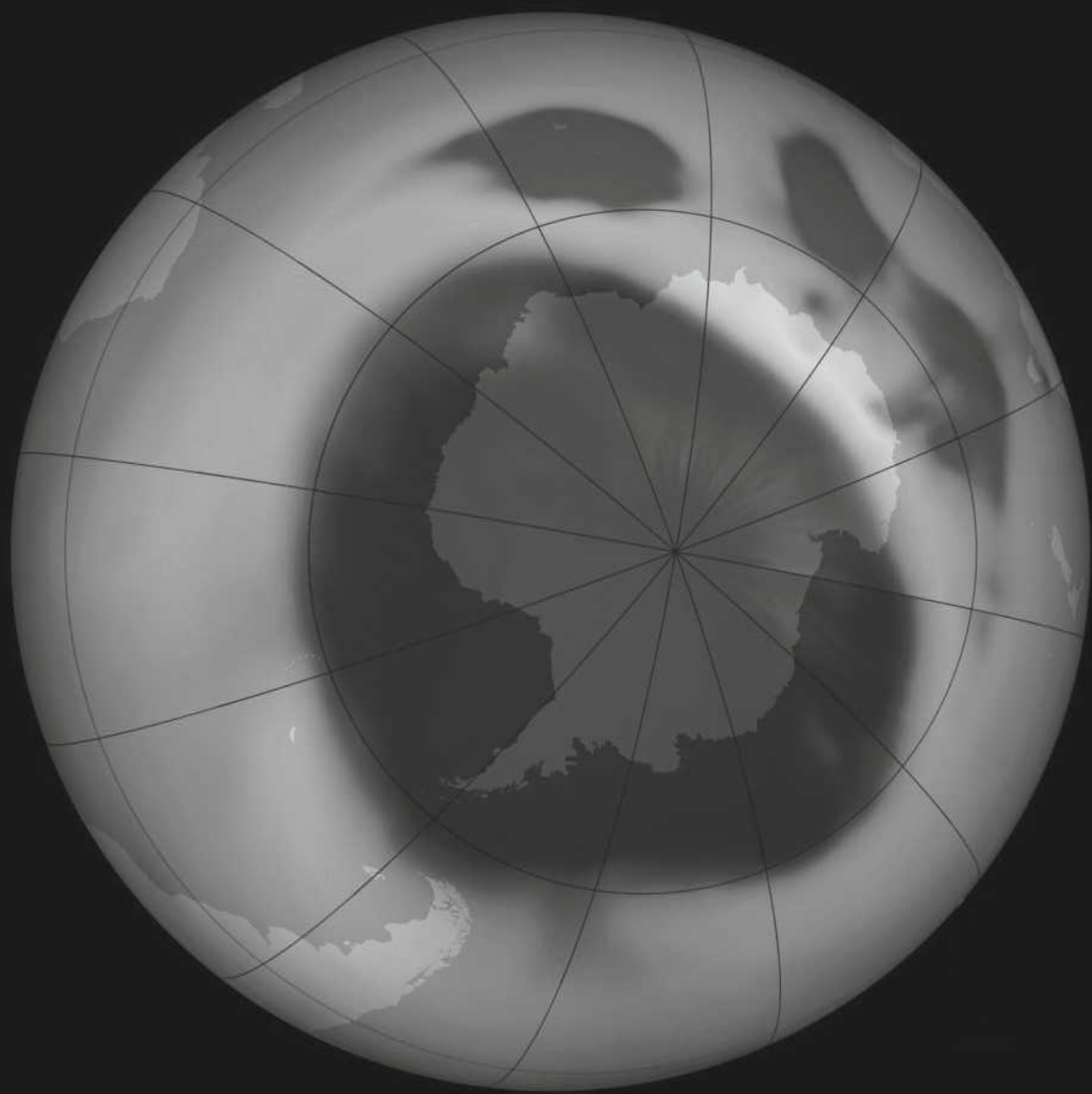
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNHARDT Christoph (dir.), 2004, *Environmental Problems in European Cities in the 19th and 20th Century*, Münster, Waxmann.
- BOUDIA Soraya, 2010, *Gouverner les risques, gouverner par les risques*, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, université de Strasbourg.
- 2013a, « From Threshold to Risk : Exposure to Low Dose of Radiation and Its Effects on Toxicants Regulation », in Soraya BOUDIA et Nathalie JAS (dir.), *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Londres, Pickering & Chatto, p. 71-87.
 - 2013b, « La genèse d'un gouvernement par le risque », in Dominique BOURG, Pierre-Benoît JOLY et Alain KAUFMANN, *Retour sur la société du risque*, Paris, PUF, p. 57-76.
- BOUDIA Soraya et DEMORTAIN David, 2014, « La production d'un instrument générique de gouvernement. Le "livre rouge" de l'analyse des risques », *Gouvernement et action publique*, vol. 3, n° 3, p. 33-53.
- BOUDIA Soraya et JAS Nathalie (dir.), 2007, « Risk and Risk Society in Historical Perspective », dossier thématique de *History and Technology*, vol. 23, n° 4, p. 317-331.
- (dir.), 2013, *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Londres, Pickering & Chatto.
 - (dir.), 2014, *Powerless Science? Science and Politics in a Toxic World*, New York et Oxford, Berghahn Books.
- BROOKS Karl Boyd, 2009, *Before Earth Day: The Origins of American Environmental Law (1945-1970)*, Lawrence (KS), University Press of Kansas.
- BROWN Phil et MIKKELSEN Edwin J., 1990, *No Safe Place: Toxic Waste, Leukemia, and Community Action*, Berkeley (CA), California University Press.
- BUZZI Stéphane, DEVINCK Jean-Claude et ROSENTAL Paul-André (dir.), 2006, *La Santé au travail (1880-2006)*, Paris, La Découverte.
- CABANE Lydie, 2012, *Gouverner les catastrophes. Politiques, savoirs et organisation de la gestion des catastrophes en Afrique du Sud*, thèse de doctorat de sociologie, Sciences Po, Paris.
- CARPENTER Daniel P., 2001, *The Forging of Bureaucratic Autonomy: Reputations, Networks, and Policy Innovation in Executive Agencies (1862-1928)*, Princeton (NJ), Princeton University Press.

1. Pestre et Fressoz 2013.

- CARSON Rachel, 2014 [1962], *Printemps silencieux*, Wildproject Éditions.
- COLLIER Stephen J. et LAKOFF Andrew, 2008, « Distributed Preparedness: The Spatial Logic of Domestic Security in the United States », *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 26, n° 1, p. 7-28.
- CRANOR Carl, 1993, *Regulating Toxic Substances: A Philosophy of Science and the Law*, Oxford, Oxford University Press.
- DEAN Mitchell, 1999, *Governmentality: Power and Rule in Modern Society*, Londres, Sage.
- DEMORTAIN David, 2011, *Scientists and the Regulation of Risk: Standardising Control*, Cheltenham et Aldershot, Edward Elgar Publishing.
- DESSAUX Pierre Antoine, 2007, « Chemical Expertise and Food Market Regulation in Belle Époque, France », *History and Technology*, vol. 23, n° 4, p. 351-368.
- FRESSOZ Jean-Baptiste, 2012, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Paris, Seuil.
- HAYS Samuel, 1987, *Beauty, Health, and Permanence: Environmental Politics in the United States (1955-1985)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- IARC, 1972, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man*, Genève, IARC / WHO, vol. 1.
- IRWIN Alan, 2006, « The Politics of Talk: Coming to Terms with the "New" Scientific Governance », *Social Studies of Science*, vol. 36, n° 2, p. 299-320.
- IRWIN Alan et WYNNE Brian (dir.), 1996, *Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- JAS Nathalie, 2013, « Adapting to Reality: The Emergence of an International Expertise on Food Additives and Contaminants in the 1950's and Early 1960's », in Soraya BOUDIA et Nathalie JAS (dir.), *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Londres, Pickering & Chatto, p. 47-69.
- JASANOFF Sheila, 1990, *The Fifth Branch: Science Advisers as Policymakers*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- 1992, « Science, Politics, and the Renegotiation of Expertise at EPA », *Osiris*, vol. 7, p. 194-217.
- JONES Charles O., 1975, *Clean Air: The Policies and Politics of Pollution Control*, Pittsburgh (PA), University of Pittsburgh Press.
- KECK Margaret, 2005, *Activists beyond Borders: Advocacy Networks in International Politics*, Ithaca (NY), Cornell University Press.
- LE ROUX Thomas, 2011, *Le Laboratoire des pollutions industrielles. Paris (1770-1830)*, Paris, Albin Michel.
- MASSARD-GUILBAUD Geneviève, 2010, *Histoire de la pollution industrielle en France (1789-1914)*, Paris, Éd. de l'EHESS.
- MILAZZO Paul Charles, 2006, *Unlikely Environmentalists: Congress and Clean Water (1945-1972)*, Lawrence (KS), University Press of Kansas.
- NAS-NRC, 1983, *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*, Washington (DC), National Academy Press.
- PELLOW David Naguib, 2007, *Resisting Global Toxics: Transnational Movements for Environmental Justice*, Cambridge (MA), MIT Press.
- PESTRE Dominique, 2013, *À contre-science. Politiques et savoirs des sociétés contemporaines*, Paris, Seuil.
- PESTRE Dominique et FRESSOZ Jean-Baptiste, 2013, « Critique historique du satisfecit postmoderne. Risque et "société du risque" depuis deux siècles », in Dominique

- BOURG, Pierre-Benoît JOLY et Alain KAUFMANN (dir.), *Retour sur la société du risque*, Paris, PUF, p. 19-56.
- REJET Sandrine, 2009a, «De la vulnérabilité aux vulnérables. Approche critique d'une notion performative», in Sylvia BECERRA et Anne PELTIER (dir.), *Risque et environnement. Recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés*, Paris, L'Harmattan, p. 89-99.
- 2009b, «Les organisations internationales et la gestion des risques et des catastrophes "naturels" », *Études du CERI*, n° 157.
- REJET Sandrine et LANGUMIER Julien (dir.), 2013, *Le Gouvernement des catastrophes*, Paris, Karthala.
- ROSE Nikolas, 1999, *Powers of Freedom: Reframing Political Thought*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ROSS Benjamin et AMTER Steven, 2010, *The Polluters: The Making of Our Chemically Altered Environment*, Oxford, Oxford University Press.
- SELLERS Christopher, 1997, *Hazards of the Job: From Industrial Disease to Environmental Health Science*, Chapel Hill (NC), University of North Carolina Press.
- TARROW Sidney, 1998, *The New Transnational Activism*, Cambridge, Cambridge University Press.
- TOPÇU Sezin, 2013, «Chernobyl Empowerment? Exporting "Participatory Governance" to Contaminated Territories», in Soraya BOUDIA et Nathalie JAS (dir.), *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Londres, Pickering & Chatto, p. 135-158.
- TORNY Didier, 2013, «Managing an Everlastingly Polluted World: Food Policies and Community Health Actions in the French West Indies», in Soraya BOUDIA et Nathalie JAS (dir.), *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Londres, Pickering & Chatto, p. 117-134.
- VOGEL Sarah, 2012, *Is It Safe? BPA and the Struggle to Define the Safety of Chemicals*, Berkeley (CA), University of California Press.
- WHORTON James, 1974, *Before Silent Spring: Pesticides and Public Health in Pre-DDT America*, Princeton (NJ), Princeton University Press.



19 Gouverner le système Terre

PAUL N. EDWARDS

En 2007, le prix Nobel de la paix est attribué conjointement au Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et à l'ancien vice-président des États-Unis Al Gore. Le GIEC, composé de conseillers scientifiques auprès de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), réalise depuis 1990 des évaluations scientifiques sur les causes et conséquences du changement climatique global. En 2006, Al Gore présente un aperçu des savoirs scientifiques sur le changement climatique d'origine humaine dans son documentaire *Une vérité qui dérange*, largement diffusé dans le monde.

Ce prix Nobel est révélateur de la convergence entre sciences du système Terre et gouvernance environnementale apparue dans les dernières décennies du xx^e siècle. Ce chapitre commence par une brève introduction sur les sciences de la Terre avant 1945. Il montre ensuite le développement des sciences du système Terre entre 1945 et 1990, en grande partie dû à l'intérêt suscité dans les cercles politiques et militaires pendant la guerre froide (soucieux notamment de la question des retombées radioactives), accompagné de la construction d'infrastructures mondiales de surveillance environnementale et d'analyse de données. Dans la deuxième partie de cette période, les inquiétudes liées à la destruction de la couche d'ozone, à l'« hiver nucléaire » et au réchauffement climatique marquent l'entrée des sciences du système Terre dans le débat politique. Avec les progrès réalisés dans les années 1970, les modélisations par simulation informatique sont amenées à jouer un rôle croissant dans la gouvernance environnementale.

Il existe un schéma dans lequel les scientifiques lancent des alertes et en appellent à l'action politique par le biais d'agences des Nations unies et/ou de sociétés scientifiques internationales, mais aussi, parfois avec succès, *via* des organisations non gouvernementales ou technocratiques

◀ Visualisation du « trou » dans la couche d'ozone par la NASA, 11 septembre 2005.

privées comme le Club de Rome. Au fil du temps, diverses structures de gouvernance sont mises en œuvre. Des succès remarquables sont obtenus dans certains cas, comme avec le protocole de Montréal sur la couche d'ozone en 1988. Cependant, depuis 1990, les tentatives pour reproduire ces succès se heurtent à de nombreuses difficultés, peut-être insurmontables, en matière de gouvernance globale.

Les sciences de la Terre avant 1945

Le XIX^e siècle est le théâtre de nombreuses avancées dans le domaine des sciences de la Terre, allant de la géologie au géomagnétisme en passant par la météorologie. Dans les années 1820, Fourier est le premier à caractériser le piège à chaleur que constitue l'« effet de serre ». L'uniformitarisme géologique d'Hutton et Lyell jette une lumière nouvelle sur l'histoire de la Terre, plus longue et plus variée qu'auparavant, avec des oscillations importantes entre périodes de glaciation et climat chaud du Crétacé. À partir des années 1860, Tyndall puis, plus tard, Chamberlin étudient la régulation de la température de la Terre par les gaz, notamment la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone. Ils théorisent ainsi que le changement climatique géologique résulte d'un cycle du carbone impliquant des dégagements gazeux liés aux éruptions volcaniques, l'absorption par des organismes marins, des dépôts calcaires, des perturbations de surface, et l'érosion des roches calcaires qui boucle le cycle par renvoi du carbone dans l'atmosphère. En 1895, Arrhenius évalue les effets du dioxyde de carbone sur le climat, aboutissant à la conclusion qu'un doublement du CO₂ entraînerait une augmentation de 5 à 6 °C de la température de la Terre (une valeur à peine supérieure à la fourchette allant de 2 à 4,5 °C avancée aujourd'hui). Il soutient l'idée selon laquelle l'utilisation de combustibles fossiles par les hommes peut finir par provoquer une augmentation de température¹. En 1883, von Hann propose dans son *Manuel de climatologie* (le principal manuel du domaine pour les cinquante années qui suivent) une vision des forces d'échelle planétaire responsables de la répartition du rayonnement solaire, de la température, des précipitations, etc.

La seconde moitié du XIX^e siècle voit naître de nombreuses organisations scientifiques internationales. Des spécialistes des milieux marins embarquent dès les années 1850 sur des bateaux pour collecter de manière systématique des données météorologiques et océanographiques, produisant ainsi un enregistrement global continu. De nombreux

1. Weart 2003.

observatoires astronomiques ont également des stations météo dont ils conservent les enregistrements. Les directeurs des services nationaux de météorologie, constitués en Europe et aux États-Unis dans les années 1840, fondent l'Organisation météorologique internationale (OMI) en 1873. La première Année polaire internationale (API, 1882-1883) implique des scientifiques de 11 pays qui établissent 12 stations de recherche à l'intérieur du cercle arctique. Bien que marqués par le drame d'une expédition américaine pendant laquelle 17 hommes meurent de faim, les scientifiques de l'API collectent des quantités importantes de données météorologiques, géomagnétiques et orales. Des concepts comme la « science mondiale » et la « géophysique », visant à unifier les nombreuses sciences concernées par les phénomènes à l'échelle de la Terre, apparaissent tout au long du XIX^e siècle, mais leurs promoteurs ne réussissent généralement pas à obtenir d'engagements institutionnels avant le début du XX^e siècle. La fondation de l'Union géodésique et géophysique internationale en 1919 marque la stabilisation d'une « assemblée » interdisciplinaire associant géodésie, géomagnétisme, sismologie, météorologie, hydrologie et océanographie¹.

À leurs débuts, les sciences géophysiques ont des ambitions qui excèdent souvent les capacités disponibles. Par exemple, Léon Teisserenc de Bort, avec son idée d'un « Réseau mondial » pour la météorologie, envisage en 1905 un système de collecte de données globales en temps réel basé sur le télégraphe. En fait, le réseau mondial réellement développé par l'OMI consistait simplement en un réseau climatologique fonctionnant grâce au courrier, dans lequel la rédaction des rapports annuels prenait généralement plusieurs années. L'enthousiasme suscité par le traitement mécanique des données grâce au système de cartes perforées atteint des sommets dans les années 1930 : dans un délire d'optimisme, le service météorologique tchèque propose ainsi de faire des cartes perforées pour les données météorologiques du monde entier². Une deuxième API a lieu en 1932-1933, avec 44 pays participants, mais elle doit revoir ses ambitions à la baisse à cause de la crise financière et de la Grande Dépression³.

Cette période qui précède la Seconde Guerre mondiale est fondatrice, avec la définition de concepts importants, l'institutionnalisation des liens entre disciplines et la création de structures et de normes internationales. L'objectif partagé de ce « globalisme *informationnel* » (collecte

1. Good 2000.

2. Edwards 2010.

3. Elzinga 2010.

de données sur la planète dans son ensemble) ne peut pas toutefois être atteint avant que ne soit adopté un « globalisme *infrastructurel* », avec des dispositifs institutionnels et technologiques permanents et unifiés produisant des informations globales¹. De nombreux projets de ce type sont certes lancés bien avant la Première Guerre mondiale, mais très peu d'entre eux aboutissent avant les années 1950. La « friction des données » (conflits de normes, disparités des pratiques et incompatibilité des technologies) fait obstacle aux efforts visant à *produire les données globales*. Dans le même temps, la « friction computationnelle » (mélange de sources hétérogènes dans des modèles de données) empêche de *rendre les données globales* à une époque où les calculs s'effectuent par des moyens manuels et mécaniques². La période est tout de même marquée par quelques succès. Au cours des deux guerres mondiales, les armées, qui ont besoin de prévisions météorologiques fiables, de cartes des courants océaniques et d'autres informations géophysiques, développent des réseaux d'observation et de communication et permettent une professionnalisation de la météorologie et de l'océanographie³. Dès les années 1930, des données météorologiques de base sont déjà disponibles pour une grande partie de la surface continentale *via* un réseau décentralisé basé sur le télégraphe, le télex, les radios ondes courtes et d'autres médias.

L'idée des impacts humains sur le climat remonte au moins au XVIII^e siècle. Ces impacts sont alors considérés comme ayant une dimension régionale plutôt que globale. Cependant, dans certains domaines importants, comme la gestion forestière, les scientifiques pensent qu'ils détectent des effets d'origine anthropique globaux et certains gouvernements envisagent des politiques visant à les limiter⁴. Toutefois, ces interventions n'atteignent un niveau de gouvernance transnationale que bien après la Seconde Guerre mondiale.

Les géosciences et la gouvernance environnementale : 1945-1990

La première moitié de la guerre froide est marquée par la mise en place d'infrastructures de savoir concevant la Terre comme un ensemble

1. Edwards 2006.

2. Edwards 2010.

3. Fleming 1996, Mukerji 1989, Weart 2003.

4. Brückner *et al.* 2000, Fleming 1998, Grove 1997, Locher et Fressoz 2013.

de systèmes physiques liés¹. Vers 1970, les géosciences commencent à s'inquiéter des impacts humains sur les systèmes globaux, comme la dégradation de la couche d'ozone, l'hiver nucléaire et le réchauffement climatique. À partir des années 1980, elles jouent un rôle majeur dans la gouvernance environnementale globale.

En plus de la guerre froide elle-même, cette période est marquée par trois évolutions. D'abord, le système des Nations unies donne un cadre institutionnel à la standardisation de la surveillance environnementale globale, ainsi qu'une structure pour la gouvernance éventuelle des problèmes environnementaux globaux. En second lieu, des projets de recherche majeurs tels que l'Année géophysique internationale et le Programme mondial de recherche atmosphérique apportent la démonstration de l'utilité d'infrastructures permanentes pour la surveillance environnementale globale. Enfin, le développement de la pensée des systèmes associée à la modélisation informatique aboutit à des techniques permettant à la fois de rassembler des données globales et de simuler des scénarios pour le futur.

La guerre froide

Les sciences du système Terre d'aujourd'hui doivent beaucoup à leur relation étroite et complexe à la guerre froide². Cette période est caractérisée par ce que j'ai appelé un « discours du monde fini » associant les objectifs globaux et hégémoniques, américains et soviétiques, une stratégie de déploiement technologique, un discours apocalyptique et un langage des systèmes intégrés³. Le discours du monde fini implique aussi que les militaires ont besoin non seulement de capacités technologiques, mais aussi de savoirs leur permettant de surveiller la planète entière et de projeter leur force à tout endroit⁴.

Aux États-Unis, en Grande-Bretagne et en Union soviétique, la Seconde Guerre mondiale propulse les scientifiques et les ingénieurs à des positions de pouvoir. La recherche militaire contribue au développement rapide de la météorologie (pour les prévisions et le contrôle du temps), l'océanographie (pour la guerre navale et sous-marine), la géodésie (pour le guidage des missiles) et la sismologie (pour la

1. Edwards 2010.

2. Barth 2003, Cloud 2003, Doel 2003, Krige et Barth 2006.

3. Edwards 1996.

4. Doel et Harper 2006, Hamblin 2000, Harper 2008, McDougall 1985, Miller 2001a, Needell *et al.* 1992, Turchetti 2012.

détection des essais nucléaires)¹. Et le contrôle des armes nucléaires est à l'origine des premiers mécanismes de gouvernance environnementale mondiale.

Dans les années 1950, les programmes d'armement nucléaire connaissent un développement rapide. Les retombées radioactives des essais nucléaires (ou d'une guerre éventuelle) commencent à susciter de graves inquiétudes, et les militaires s'intéressent à l'utilisation des retombées radioactives pour détecter les essais et préparer la défense civile. Les États-Unis, la Grande-Bretagne et l'Organisation météorologique mondiale bâtissent des systèmes à l'échelle mondiale pour surveiller les dépôts radioactifs au niveau du sol. On commence à suivre les déplacements de paquets d'air particuliers autour du globe, et les stations de surveillance aériennes, comme les ballons de haute altitude, permettent aux météorologues de connaître la structure de la stratosphère. Le carbone 14 radioactif produit par les essais nucléaires facilite également le suivi du parcours du carbone de l'atmosphère aux océans, aux plantes et aux animaux. Dans les années 1960, ce besoin de comprendre le chemin probable des retombées radioactives après un échange nucléaire entraîne le développement des modèles de transport atmosphérique qui seront utilisés par la suite pour étudier la pollution de l'air en ville. Ces études du cycle du carbone représentent finalement un des premiers croisements entre géophysique et sciences de la vie².

L'existence de systèmes de surveillance sismiques et atmosphériques capables de détecter les essais nucléaires n'importe où dans le monde constitue une condition *sine qua non* de l'application du Traité d'interdiction partielle des essais nucléaires de 1963 (TIP). En fait, de longs débats portent sur une interdiction totale des essais mais les États-Unis estiment que la surveillance sismique est insuffisamment sensible pour permettre une interdiction des essais souterrains. L'interdiction s'applique donc seulement aux essais atmosphériques, sous-marins (facilement détectables à l'aide de dispositifs de contrôle hydroacoustiques et sismiques) et extra-atmosphériques³. En ce sens, le TIP peut être considéré comme le premier traité international sur l'environnement.

L'idée de ce que nous désignons aujourd'hui par le terme de « géo-ingénierie » émerge également au cours de la guerre froide. C'est à cette époque que certains scientifiques comme Langmuir et Teller imaginent guider des tempêtes à l'aide d'explosions nucléaires, ensemercer les

1. Barth 2003, Cloud 2002, Edwards 2012, Fleming 2010, Mukerji 1989, Oreskes 2003.

2. Edwards 2012, Machta 2002.

3. Cette interdiction ne fut toutefois pas respectée par tous les pays ; la France et la Chine ont poursuivi leurs essais atmosphériques respectivement jusqu'en 1974 et 1980.

nuages pour enliser les troupes ennemies dans la boue, ou recourir à la guerre climatique en privant un pays de précipitations. En 1955, von Neumann déclare :

Il ne fait guère de doute que l'on pourrait [...] intervenir à n'importe quelle échelle souhaitée et finalement obtenir des résultats assez extraordinaires. Le climat et les régimes de précipitation de certaines régions spécifiques pourraient être modifiés. [...] Plus que les guerres récentes ou à venir, ou encore que l'économie à n'importe quel moment, la portée de telles actions serait directement et véritablement mondiale [...] ⁴.

Aucune tentative de modification délibérée du climat n'a eu lieu mais la modification de la météo (ensemencement des nuages) a été fréquemment utilisée pendant la guerre du Vietnam (avec des résultats peu concluants dans l'ensemble) et des projets militaires de contrôle des tempêtes ont continué dans les années 1970 ⁵.

*Les Nations unies : institutions d'experts
et mécanismes de gouvernance*

Après la Seconde Guerre mondiale, de nombreuses institutions intergouvernementales se développent sous l'égide de la nouvelle Organisation des Nations unies. La plupart sont des organisations d'experts, souvent issues d'institutions plus anciennes telles que l'Organisation météorologique internationale ou l'Institut international d'agriculture. Le système intergouvernemental de l'ONU confère une grande autorité à ces organisations d'experts qui propagent les normes, collectent les données et promeuvent des pratiques uniformes.

Dans son principe, le système de l'ONU remet en cause le système westphalien de souveraineté basé sur le territoire ⁶. L'Organisation météorologique mondiale (OMM), issue en 1950 de l'OMI, non gouvernementale, est confrontée à cette question de la souveraineté au cours de ses dix premières années alors qu'elle s'essaie à standardiser les pratiques météorologiques. Dans les discussions sur l'établissement des normes, ses membres se disputent sur le sens de mots comme « doit », « devrait » ou « obligation ». Certaines normes sont finalement adoptées

4. Neumann 1955.

5. Fleming 2010.

6. Les grandes puissances ne se sont sans doute peut-être jamais véritablement senties tenues par l'ONU. Le Conseil de sécurité et le droit de veto dont elles disposent dans cette instance sont le reflet de leur position de domination.

tandis que d'autres restent mouvantes et créent une forme de « friction des données » empêchant la mondialisation du système de prévisions météorologiques. Au fil du temps, néanmoins, l'autorité et l'organisation centralisée de l'OMM permettent de transformer les prévisions météorologiques et la surveillance du climat en entreprises globales, coordonnées et normalisées¹.

La Conférence des Nations unies sur l'environnement humain de Stockholm en 1972 est considérée par beaucoup comme un tournant essentiel dans l'histoire de l'environnementalisme. Elle a des effets importants sur les gouvernements européens et aboutit à la mise en place du Programme des Nations unies pour l'environnement, qui renforce les programmes de l'OMM en matière de systèmes de surveillance globaux. Dans les années 1980, la commission Brundtland de l'ONU essaie d'articuler une voie équilibrée permettant le développement économique et la justice sociale tout en préservant l'environnement sur le long terme, soulignant que ces problèmes étroitement liés nécessitent des solutions complémentaires².

Plus important peut-être, les mécanismes de gouvernance des Nations unies créent un cadre pour les traités de régulation du patrimoine environnemental mondial. À partir des années 1950, une série de conventions sur le droit de la mer traite des ressources minérales (y compris le pétrole), des ressources halieutiques et de la pollution marine. Alors que les preuves augmentent à propos du rôle des chlorofluocarbures (CFC) dans la disparition de la couche d'ozone, des mécanismes similaires permettent la négociation rapide de la Convention de Vienne, signée en 1985 et ratifiée en 1988 (actuellement ratifiée par 197 pays, la Convention de Vienne est l'un des traités les plus réussis de l'histoire mondiale).

La négociation de ce traité se déroule en deux temps : une convention-cadre commence par établir les règles de base et engage les signataires à négocier des limites sur les produits chimiques responsables de la disparition de la couche d'ozone. Ensuite, une série de réunions entre responsables nationaux en consultation avec des organismes scientifiques aboutit au protocole de Montréal sur la protection de la couche d'ozone³. La Convention de Vienne a l'effet escompté : les concentrations de produits chimiques appauvrissant la couche d'ozone baissent de manière régulière depuis 1995 et les premiers signes de récupération du « trou » situé au-dessus de l'Antarctique sont détectés en 2011⁴.

1. Edwards 2006, Miller 2001a.

2. World Commission on Environment and Development 1987.

3. Parson 2003.

4. Salby *et al.* 2011.

Cependant, le fait que les CFC soient seulement produits par un nombre limité d'entreprises, et que des produits chimiques de substitution soient déjà disponibles (et sont rentables pour le « premier entrant », la société DuPont), rend ce cas particulier par rapport à tous les autres problèmes environnementaux au niveau mondial.

Infrastructures scientifiques globales

Les projets scientifiques internationaux de grande échelle jouent un rôle central pendant la guerre froide. D'un côté, ils séduisent scientifiques et citoyens en tant qu'instruments de paix et de compréhension mutuelle. D'un autre côté, ils servent les intérêts de gouvernements voulant être perçus comme avisés et avancés sur le plan technologique. Cette partie en présente quelques exemples parmi les plus importants.

L'Année géophysique internationale (AGI) (1957-1958) est imaginée en 1950 par des géophysiciens. Son organisation commence par un appel au Conseil international des unions scientifiques (CIUS)¹. L'Organisation météorologique internationale y apporte rapidement son soutien, à condition que le projet soit étendu au monde entier et non simplement aux régions polaires. Cela aboutit à la saisissante « hypothèse du système physique unique » de l'AGI, à savoir que la terre ferme, les océans, l'atmosphère, la magnétosphère et la cryosphère ne forment qu'un unique système Terre. La plupart des pays du monde participent à cette initiative.

L'AGI est conçue en partie pour faire contrepoids au nationalisme et à la guerre froide². Le CIUS met en place des centres mondiaux de données (CMD) hébergés par des agences nationales pour stocker et répartir les données. De manière générale, il en existe au moins deux par discipline, l'un situé dans la sphère d'influence soviétique et l'autre dans la sphère d'influence occidentale. La complémentarité des responsabilités entre CMD garantit une coopération continue, ce qui constitue un moyen de dépasser les divisions de la guerre froide. Conçus à l'origine pour prendre en charge les données des systèmes d'observation et des expériences de l'AGI, un grand nombre de CMD évoluent pour devenir des entrepôts de données permanents, formant *de facto* une infrastructure mondiale de données pour les sciences du système Terre. En 2009, le CIUS fait évoluer les CMD pour créer le Système mondial de données. En attendant, le programme de fusées et de satellites de l'AGI sert de couverture pour les

1. Needell *et al.* 1992.

2. Krige 2006, Miller 2006, Needell 2000.

entreprises de surveillance militaire. Le lancement réussi du Spoutnik en 1957 est ainsi annoncé par les Soviétiques pendant une réception de l'AGI organisée à Washington¹.

L'exploration et les recherches menées sous l'égide de l'AGI en Antarctique ont pour aboutissement le traité sur l'Antarctique de 1959, signé au départ par les 12 pays présents sur place, par 38 autres par la suite. Le traité réserve le continent aux seules activités scientifiques, gèle toute revendication territoriale et interdit les activités militaires. Il s'agit en réalité du premier accord de contrôle des armements de la guerre froide². Les zones polaires du nord du globe restent en revanche la scène d'un conflit potentiel entre États-Unis et Union soviétique, et elles sont rapidement truffées de stations d'observation, de réseaux de radars et même d'une « ville sous la glace » alimentée par un réacteur nucléaire, au Groenland³.

L'avènement de l'ère de la surveillance par satellite accompagnant l'AGI suscite l'intérêt des météorologues. Galvanisée par le discours de John F. Kennedy sur le contrôle des armements devant les Nations unies en 1963, dans lequel il promet « des efforts accrus de coopération entre les nations dans le domaine des prévisions météorologiques et éventuellement du contrôle de la météo », l'OMM commence à imaginer un système de veille météorologique mondial intégrant les agences nationales au sein d'un système global d'observation, de communication et de traitement des données devant être opérationnel en 1968.

Le Programme de recherche sur l'atmosphère globale (GARP) de l'OMM-CIUS lance l'Expérience tropicale du GARP dans l'Atlantique (ETGA) à l'été 1974. Des navires et des avions, avec 4 000 personnes de 20 pays différents, parcourent l'océan Atlantique tropical entre les côtes occidentales d'Afrique et les côtes orientales d'Amérique du Sud. En 1978-1979, cette Expérience devient le premier test à grande échelle de météorologie par satellite⁴, et on a dit d'elle qu'elle « constituait la plus grande concentration de ressources scientifiques jamais assemblée », avec 140 pays participants⁵. Le domaine de la cartographie est déjà en pleine transformation suite au lancement des premiers satellites d'imagerie Landsat en 1972. Signe du rôle que devront jouer ces systèmes d'imagerie dans la gouvernance du système Terre, les responsables parlent du programme Landsat comme de « la première étape de la fusion des technologies spatiales et de détection à distance dans

1. McDougall 1985.

2. Naylor *et al.* 2008.

3. Nielsen *et al.* 2014.

4. Edwards 2010 (chap. 9).

5. National Oceanic and Atmospheric Administration 1981 (p. III).

un système permettant d'inventorier et de gérer les ressources de la Terre¹ ».

Les systèmes d'observation par satellite rendent possible la réalisation de mesures uniformes, répétées et calibrées de la végétation, de la glace de mer, de la neige et de nombreuses autres caractéristiques géographiques et géophysiques. Dans le même temps, ils permettent une surveillance uniforme des activités humaines à grande échelle comme l'agriculture, l'exploitation minière, la déforestation et les barrages. Les données des satellites météo civils sont pour la plupart librement partagées entre les nations. Landsat et les autres programmes de satellites environnementaux rendent également leurs données accessibles à une utilisation internationale. En revanche, les données de satellites militaires restent secrètes.

Au milieu des années 1980, un certain nombre d'infrastructures globales de surveillance de la Terre arrivent ainsi à maturité. Il s'agit généralement de réseaux d'institutions nationales organisés de manière assez libre par des agences mondiales telles que le CIUS et l'OMM. Les principaux pays développés fournissent l'essentiel des ressources, même si d'autres pays y participent. Une séparation marquée demeure toutefois entre les pays du Nord et le Sud, où les capacités scientifiques restent limitées. Le soutien de l'OMM permet toutefois de mettre en place des services météorologiques dans de nombreux pays en développement, même si l'augmentation des coûts et le caractère hautement technique de la recherche cantonnent souvent leur travail à un rôle de soutien.

Modéliser le système Terre grâce à la simulation informatique

L'environnementalisme sous sa forme moderne émerge dans les années 1960 dans le sillage des inquiétudes liées aux « pollutions », d'abord vécues comme locales. À la fin de la décennie, toutefois, des notions telles que « Terre entière », « vaisseau spatial Terre » ou « penser global » sont déjà d'usage courant. La prise de conscience de l'existence de problèmes environnementaux globaux commence à émerger dans les années 1970, soutenue par le développement des techniques de simulation par ordinateur².

Avec les chercheurs en armes nucléaires, les prévisionnistes météo

1. Williams et Carter 1976 (p. III) ; voir également Cloud 2002, Mack 1990.

2. Sur le développement généralisé de la « pensée des systèmes », voir Hughes (A.C.) et Hughes (T.P.) 2000.

sont parmi les premiers à développer des simulations sur ordinateur – les premières prévisions météorologiques sont exécutées en 1950 sur l'ENIAC, le premier ordinateur électronique américain. En 1970, les modèles de prévisions météorologiques permettent de simuler l'atmosphère du globe dans son entier. Cela entraîne une amélioration rapide et spectaculaire de la qualité des prévisions, levant le doute quant à leur valeur et leur intérêt. La modélisation du climat (simulant la circulation atmosphérique globale sur des décennies ou plus) apparaît dans les années 1960, transformant radicalement les méthodes de la climatologie¹. Les océans jouant un rôle majeur dans le système climatique, les scientifiques combinent les modèles atmosphériques aux modèles de circulation des océans dans les années 1970.

Les premiers modèles climatiques accentuent les inquiétudes à propos du réchauffement de la planète provoqué par l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère. En 1970 et en 1971, dans le cadre de la préparation de la Conférence des Nations unies sur l'environnement humain, deux rapports rédigés par des géophysiciens et des spécialistes de l'environnement européens, états-uniens et japonais expriment des préoccupations quant à la « modification par inadvertance du climat² ». Dès 1979, un consensus émerge sur la probable augmentation globale des températures de 1,5° à 4,5 °C en cas de doublement des concentrations en dioxyde de carbone, une fourchette de prévisions qui n'a que peu évolué depuis³.

Vers 1970, les projets de construction de grandes flottes d'avions supersoniques (SST) suscitent des inquiétudes sur la dégradation de la couche d'ozone, ainsi que sur l'éventuel refroidissement de la planète provoqué par les aérosols contenus dans les gaz d'échappement des avions. La controverse sur les SST aux États-Unis est à l'origine du plus grand programme d'évaluation environnementale conduit à ce jour, le CIAP (Climate Impact Assessment Program), d'une durée de trois ans et doté d'un budget de 20 millions de dollars. Des membres de ce groupe poursuivent leur travail dans les années 1980 en créant des simulations informatiques de l'effet refroidissant des fumées et des poussières rejetées dans la stratosphère en cas d'échange nucléaire majeur.

1. Edwards 2010, Weart 2013.

2. Study of Critical Environmental Problems 1970, Study of Man's Impact on Climate 1971.

3. Oreskes 2007. La « sensibilité du climat » fait référence à l'augmentation de température prévue suite à un doublement de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère par rapport au niveau de 280 ppm de la période préindustrielle. En 2013, cette valeur a pour la première fois dépassé 400 ppm. Si le consensus évoqué est resté remarquablement stable, Sluijs *et al.* (1998) ont souligné avec raison les incohérences dans la manière dont il a été établi à partir des résultats des modèles.

À peu près au même moment, des scientifiques soviétiques produisaient des modèles similaires. Ces modèles soulignent l'impact considérable qu'aurait un tel événement sur le climat. Selon le scénario du pire, l'essentiel de l'hémisphère Nord pouvait se retrouver soumis à des températures glaciales pendant plusieurs mois ou plus, ainsi qu'à une diminution de la lumière du soleil provoquant l'arrêt de la photosynthèse, de mauvaises récoltes et une catastrophe écologique¹. Apparues en 1983, les études sur l'hiver nucléaire jouent un rôle majeur dans les accords de désarmement nucléaire signés par Reagan et Gorbatchev en 1986-1987².

Dans le même temps, d'autres modélisateurs s'intéressent aux limites planétaires. Le Club de Rome produit des rapports influents sur les effets de l'évolution rapide des technologies, l'augmentation des niveaux de pollution et l'explosion démographique au niveau mondial. *Halte à la croissance ? Rapport sur les limites de la croissance*, publié en 1972, est celui qui a eu le plus grand retentissement³. Reposant sur des modèles de « dynamique des systèmes mondiaux », *Halte à la croissance ?* soutient qu'une croissance exponentielle incontrôlée de la population, de la pollution (y compris le dioxyde de carbone), de la consommation de ressources naturelles et de la production alimentaire entraînera un « effondrement » des systèmes mondiaux à un horizon de 50 à 100 ans⁴. Le rapport propose également des scénarios de futurs possibles allant d'un « monde supertechnologique » à un « monde stabilisé » avec une population et une consommation de ressources réduites. *Halte à la croissance ?* devient un phénomène international, vendu à plus de 7 millions d'exemplaires dans plus de 30 langues, et les membres du Club de Rome présentent leur rapport à des hommes politiques de premier plan.

Halte à la croissance ? fait l'objet de critiques féroces de la part d'économistes et de technolâtres qui en dénoncent le catastrophisme néomalthusien. Pour ces détracteurs, l'ingéniosité humaine, l'amélioration de la technologie et le marché libre dénoueront les contraintes⁵. Cependant, au cours des vingt années qui suivent sa publication, l'approche modélisatrice adoptée dans le rapport non seulement est acceptée mais elle devient la norme sous le nom de « modèles d'évaluation intégrés⁶ ». Tout

1. Badash 2009, Dörries 2011, Thompson et Schneider 1986, Turco *et al.* 1983.

2. Robock 2010, Robock et Toon 2012.

3. Elichirigoity 1999.

4. De façon inquiétante, le chemin réel suivi par le développement global entre 1972 et 2002 correspond de près à celui projeté dans le rapport comme « scénario standard ». Turner 2008.

5. Cole *et al.* 1973, Simon 1981, Simon et Kahn 1984.

6. Vieille-Blanchard 2010 et 2012.

au long des années 1970 et 1980, les modèles de simulation deviennent des outils de plus en plus essentiels dans la conduite des politiques, en particulier dans les domaines de l'énergie, de l'économie et de l'environnement.

Changement climatique, science et gouvernance du système Terre : 1990-2010

La crainte de l'apocalypse nucléaire s'estompe avec l'effondrement de l'Union soviétique, mais elle est remplacée par la menace d'un changement climatique à l'échelle planétaire. Les appels à l'action lancés par les climatologues se font de plus en plus insistants. Ils sont repris par des responsables politiques (notamment Margaret Thatcher et Al Gore) et des organisations non gouvernementales comme Greenpeace, l'Institut des ressources mondiales et le Sierra Club. Les négociations qui aboutissent à la Convention-cadre sur les changements climatiques débutent en 1988. L'OMM et le Programme des Nations unies pour l'environnement créent le Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) chargé de passer en revue l'ensemble de la littérature scientifique pertinente et d'évaluer l'état des connaissances. Le groupement est subdivisé en trois groupes de travail couvrant respectivement les sciences physiques, les impacts humains et les réponses à apporter.

Le 1^{er} rapport d'évaluation du GIEC, publié en 1990, contient des conclusions prudentes sur le fait que « les émissions résultant des activités [...] provoqueront une augmentation de l'effet de serre, aboutissant en moyenne à un réchauffement supplémentaire de la surface de la Terre¹ ». Ce 1^{er} rapport identifie une fourchette de sensibilité du climat entre 1,5° et 4,5 °C, avec une « valeur la plus probable » estimée à environ 2,5 °C. Les modèles prévoient une série d'impacts physiques, dont l'augmentation du niveau des mers, la déglaciation et des conséquences diverses sur les ressources en eau, suffisants pour entraîner des contraintes importantes pour les sociétés humaines dans le monde entier (en particulier celles qui ne disposent pas des ressources nécessaires pour s'adapter). Toutefois, des incertitudes importantes empêchent les prévisions précises, et les capacités de modélisation ne permettent pas encore d'assurer une analyse fiable de la manière dont les effets seront répartis. Tous les chemins vers un futur plus soutenable passent cependant par une diminution radicale de la consommation de combustibles fossiles, ainsi que par des évolutions majeures en agriculture et en gestion forestière.

1. Houghton *et al.* 1990 (p. xi).

Le succès remarquable du traité sur la couche d'ozone conduit à entretenir des espoirs quant à la possibilité d'un accord similaire pour le réchauffement climatique. Comme la Convention de Vienne, la Convention-cadre sur les changements climatiques (CCCC) signée à Rio en 1992 engage ses signataires à développer un traité. Le processus de rédaction des rapports du GIEC est central¹. Même si ceux-ci (établis selon un cycle de 5 à 7 ans) sont entièrement rédigés par des scientifiques, l'agence sollicite les gouvernements, des organisations non gouvernementales et d'autres parties prenantes pour la révision des rapports intermédiaires. Et les auteurs des rapports sont tenus de répondre de manière explicite à tous les commentaires².

Cette méthode a pour objectif d'améliorer la qualité des rapports, mais aussi de faciliter une assimilation plus rapide des connaissances scientifiques par les gouvernements. En assurant par avance le consensus sur les faits, on espère que les délibérations pourront rapidement aboutir à des solutions politiques. Or le GIEC est déjà attaqué au moment de la publication de son 2^e rapport d'évaluation en 1995. Une industrie artisanale de contre-expertise voit le jour, généreusement financée par les groupes pétroliers et des groupes politiques conservateurs. Les membres de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP), ainsi que des lobbies industriels tels que la Western Fuels Association aux États-Unis, exploitent les incertitudes réelles inhérentes à la science climatique pour s'opposer aux conclusions du GIEC ou en limiter la portée³. Ils sont rejoints par des groupes climatosceptiques qui considèrent le GIEC et les climatologues au sens large comme les acteurs d'un complot mondial. L'usage d'Internet (notamment par le biais de blogs) procure de nouveaux moyens à ces groupes pour promouvoir leurs points de vue. Au cours des années 1990 et 2000, leur influence est beaucoup plus grande aux États-Unis que dans le reste du monde, mais ils commencent à percer en Europe et ailleurs depuis 2010⁴.

L'excès de carbone présent dans l'atmosphère incombe d'abord aux sociétés grandes consommatrices d'énergie que sont les pays d'Europe occidentale, la Russie et en particulier les États-Unis, qui sont à l'origine de 25 % des émissions mondiales. Les pays en développement revendiquent eux aussi un droit à la croissance économique alimentée par la consommation d'énergie, dont les autres pays ont profité avant eux. En

1. Miller 2001*b*.

2. Edwards et Schneider 2001.

3. Hoggan et Littlemore 2009, Oreskes et Conway 2010.

4. Sur les sceptiques et leurs positions, avec des liens vers des revues scientifiques à comité de lecture, voir < <http://www.skepticalscience.com> > .

conséquence, le protocole de Kyoto adopte une approche à deux niveaux, avec des objectifs contraignants et des calendriers pour les nations (développées) de l'« Annexe 1 », en vue de la réduction de leurs émissions en dessous des niveaux de 1990, et des objectifs définis simplement sur la base du volontariat pour les pays (en développement). Les projets d'échanges de quotas d'émissions et de mise en œuvre commune sont autorisés au sein de l'Annexe 1, tandis qu'un « mécanisme de développement propre » autorise les pays de l'Annexe 1 à augmenter leurs limites en matière d'émissions en échange d'une aide apportée à des projets permettant de réduire les émissions dans les pays du Sud. En 2005, 190 pays ont ratifié le protocole de Kyoto – mais les États-Unis refusent de le ratifier parce que la Chine n'est pas soumise à un engagement contraignant. En 2002, ils se retirent totalement du processus.

La plupart des bilans du protocole de Kyoto soulignent sa faiblesse et son inefficacité. En 2012, les pays de l'Annexe 1 et les États-Unis ont réduit leurs émissions collectives d'environ 16 %, principalement du fait de l'effondrement du bloc soviétique et du ralentissement de l'économie mondiale à partir de 2008. Mais la croissance dans les pays en développement donne lieu à une *augmentation* de près de 50 % des émissions de CO₂ au niveau mondial en 2011¹. Au cours de la période 1990-2010, les émissions de carbone chinoises passent de 2 à 8 milliards de tonnes, la Chine dépassant les États-Unis et l'Union européenne pour devenir le plus gros émetteur de CO₂ du monde. Cependant, les émissions *par habitant* de la Chine restent bien inférieures à celles des États-Unis².

Le protocole de Kyoto devait expirer en 2012, mais comme les projets visant à le remplacer par un nouveau traité plus ambitieux ont échoué, le protocole a été reconduit jusqu'en 2020, avec une suspension des négociations sur un nouveau traité jusqu'en 2015.

Les actions délibérées les plus réussies dans la lutte contre le changement climatique n'ont pas lieu à l'échelle globale, mais au niveau des villes, des pays et des régions. En 2003, le Chicago Climate Exchange, un système d'échanges de quotas d'émissions basé sur le volontariat, a suscité des engagements juridiquement contraignants de la part de services publics et d'entreprises des États-Unis, du Canada et de 14 autres pays, pour un volume global de 700 millions de tonnes de CO₂; en 2010, les participants au programme ont collectivement réduit leurs émissions de plus de 20 %. En 2005, l'Union européenne a adopté un système similaire couvrant environ la moitié de ses émissions de CO₂. Les marchés carbone se sont

1. Schiermeier 2012.

2. Données de la Banque mondiale, < <http://bit.ly/16b19uD> > .

avérés volatils et sujets à manipulation, ce qui a nui à leur crédibilité, mais ils restent néanmoins un mécanisme de gouvernance relativement efficace¹. Les engagements de l'UE sur le marché carbone, ainsi que les négociations de la CCNUCC, ont joué un rôle symbolique important². Parmi les autres exemples d'action efficace, on peut citer l'ambitieux plan Energiewende mis en œuvre par l'Allemagne, dont l'objectif est de produire 80 % de son électricité à partir de sources d'énergie renouvelables (n'incluant pas le nucléaire) d'ici 2050³.

Diverses raisons sont avancées pour expliquer l'échec de la CCNUCC. Les plus importantes sont certainement la complexité inhérente au problème climatique, le côté radical et le coût des solutions, ou encore les résistances secrètes ou ouvertes liées aux intérêts particuliers des États producteurs de pétrole et des groupes pétroliers. On peut également citer parmi les raisons importantes de cet échec l'incapacité des États-Unis à exercer un véritable leadership et sa défaillance sur le protocole de Kyoto.

Par ailleurs, plusieurs facteurs liés plus directement aux relations entre science et politique ont également joué un rôle important. Les scientifiques semblent avoir été incapables de présenter leurs connaissances sur le climat sous des formes suffisamment parlantes pour le grand public. Inquiets d'établir des liens de causalité qu'ils ne pourraient justifier, la distinction entre météorologie et climat sur laquelle ils ont insisté s'est avérée extrêmement difficile à comprendre pour la plupart des gens. (En fait, les études montrent régulièrement que l'opinion des gens sur le changement climatique est fortement influencée par le temps qu'il fait.) L'insistance des scientifiques sur l'« incertitude », terme technique dont la signification est différente dans le langage courant, a créé le sentiment que les connaissances sur le climat n'étaient pas fiables. Ce sentiment a été amplifié par la couverture médiatique « équilibrée⁴ » et les discours des climatosceptiques. Il a encore gagné du terrain lors de l'épisode du « Climategate » en 2009, avec des accusations de complot. Cela a obligé le GIEC à revoir ses processus. Cependant, quels que soient les efforts entrepris en matière de transparence et de responsabilité, rien ne saurait trouver grâce aux yeux des détracteurs les plus virulents de l'organisation⁵. Cet épisode a démontré comment le développement de la communication par Internet a limité le pouvoir des groupes d'experts, peut-être de manière définitive. Dans le même temps, il permet aux non-initiés de

1. MacKenzie 2007, Robert 2012.

2. Dahan et Aykut 2012.

3. Schiermeier 2013.

4. Boykoff (M.T.) et Boykoff (J.M.) 2007.

5. Beck 2012, Grundmann 2012, Jasanoff 2010*b*.

tous bords politiques de participer au processus de production et d'interprétation des savoirs utiles¹.

Enfin, la prédominance toujours plus grande des sciences économiques et du discours économiste est à l'origine d'une approche « attentiste ». Les désaccords profonds sur le véritable taux d'économies réalisées (utilisé pour calculer les bénéfices futurs des mesures de prévention du changement climatique engagées aujourd'hui) sont reflétés par l'éventail extrêmement large des avis des économistes, exactement comme lors du débat autour du *Rapport sur les limites de la croissance* quarante ans plus tôt². Le rapport Stern de 2006, qui fait autorité, est à classer dans la première catégorie qui souligne l'« urgence » de la situation (en 2013, Stern a été cité disant : « Je me suis trompé. Les choses sont encore bien pires. »)

Les difficultés rencontrées pour mettre en œuvre une gouvernance globale sont également liées à l'extrême étendue des échelles de temps et d'espace. En déphasage avec l'expérience humaine ordinaire, les changements globaux survenant à l'échelle de décennies sont difficiles à prendre en compte dans les formes existantes de vie et les choix³. D'autre part, le climat n'est pas simplement un phénomène physique : les climats ont des significations culturelles importantes et variables en lien avec les formes de vie (agriculture, alimentation, eau, vêtements), les peurs et les espoirs, les identités ethniques et la religion (solstice et fêtes des moissons). Ces multiples significations ainsi que les larges pans de savoirs locaux et indigènes mobilisables (en particulier parmi les peuples qui vivent sous des conditions climatiques extrêmes) ne semblent pas trouver leur place dans le monde des discours technocratiques des experts du GIEC⁴. Enfin, avec le temps, le processus du GIEC s'est trouvé progressivement surchargé par l'accumulation de nouveaux éléments (questions de compensation relatives aux injustices historiques, de survie ethnique et nationale, etc.)

Au moment où ces lignes sont écrites, les échecs de la gouvernance environnementale mondiale ont abouti à des discussions sur la « gestion du rayonnement solaire ». Ces projets de géo-ingénierie rappellent ceux des années 1950, mais leur motivation semble maintenant être un sentiment de désespoir et non plus simplement d'*hubris* technologique. Parmi les idées avancées figurent la mise en orbite de miroirs Mylar de la taille de l'Inde, des flottes gigantesques de navires robots pulvérisant de fines gouttelettes dans l'air pour créer des nuages artificiels et des fusées qui

1. Jasanoff 2010*b*, Edwards *et al.* 2013.

2. Goulder et Williams 2012, Stern *et al.* 2006.

3. Jasanoff et Martello 2004, Jasanoff 2010*a*.

4. Hulme 2009.

enverraient des particules de soufre dans la stratosphère afin de créer une poussière volcanique artificielle¹. Des scientifiques étudient les impacts potentiels de ce genre d'interventions radicales sur les modèles climatiques et ils commencent à comparer les risques induits avec ceux inhérents au fait de ne rien faire. La plupart considèrent la géo-ingénierie comme un moyen de gagner du temps pour restructurer de manière radicale les infrastructures énergétiques, mais d'autres envisagent ces « effets assez extraordinaires », selon la formule de von Neumann, comme une solution permanente. Les moyens techniques nécessaires pour ce genre d'intervention sont à la portée de nombreux pays qui pourraient les entreprendre seuls. Cela pose une question majeure en termes de gouvernance sur la manière dont serait prise la décision de déployer ces techniques – et sur le fait que cette décision puisse être unilatérale, sans accord global.

La gouvernance du système Terre relève d'un problème classique de biens communs, mais à une échelle inédite. Comme pour d'autres « communs cosmopolitiques », le problème est en un certain sens *créé* par les infrastructures de savoir par lesquelles nous le percevons². Le « système Terre » n'est le « chez-soi » de personne ; en conséquence, peu d'individus, de groupes ou de pays placent les problèmes globaux en haut de la liste de leurs priorités. Il semblerait que seuls les scientifiques parlent pour la Terre elle-même, et pourtant l'éthique scientifique d'objectivité les empêche de jouer un rôle directement politique. Nous ne savons pas encore si « ceux qui se soucient de la Terre » constitueront un jour une communauté – s'ils vont, avec les scientifiques, se mettre « sur le sentier de la guerre » pour Gaïa, comme les y exhorte Bruno Latour³.

Traduit par Cyril Le Roy

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BADASH Lawrence, 2009, *A Nuclear Winter's Tale: Science and Politics in the 1980s*, Cambridge (MA), MIT Press.
- BARTH Kai-Henrik, 2003, « The Politics of Seismology: Nuclear Testing, Arms Control, and the Transformation of a Discipline », *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, p. 743-781.
- BECK Silke, 2012, « Between Tribalism and Trust: The IPCC Under the "Public Microscope" », *Nature and Culture*, vol. 7, n° 2, été, p. 151-173.
- BOYKOFF Maxwell T. et BOYKOFF Jules M., 2007, « Climate Change and Journalistic Norms: A Case-Study of US Mass Media Coverage », *Geoforum*, vol. 38, n° 6, p. 1190-1204.

1. Fleming 2010.

2. Disco et Kranakis 2013, Miller 2009.

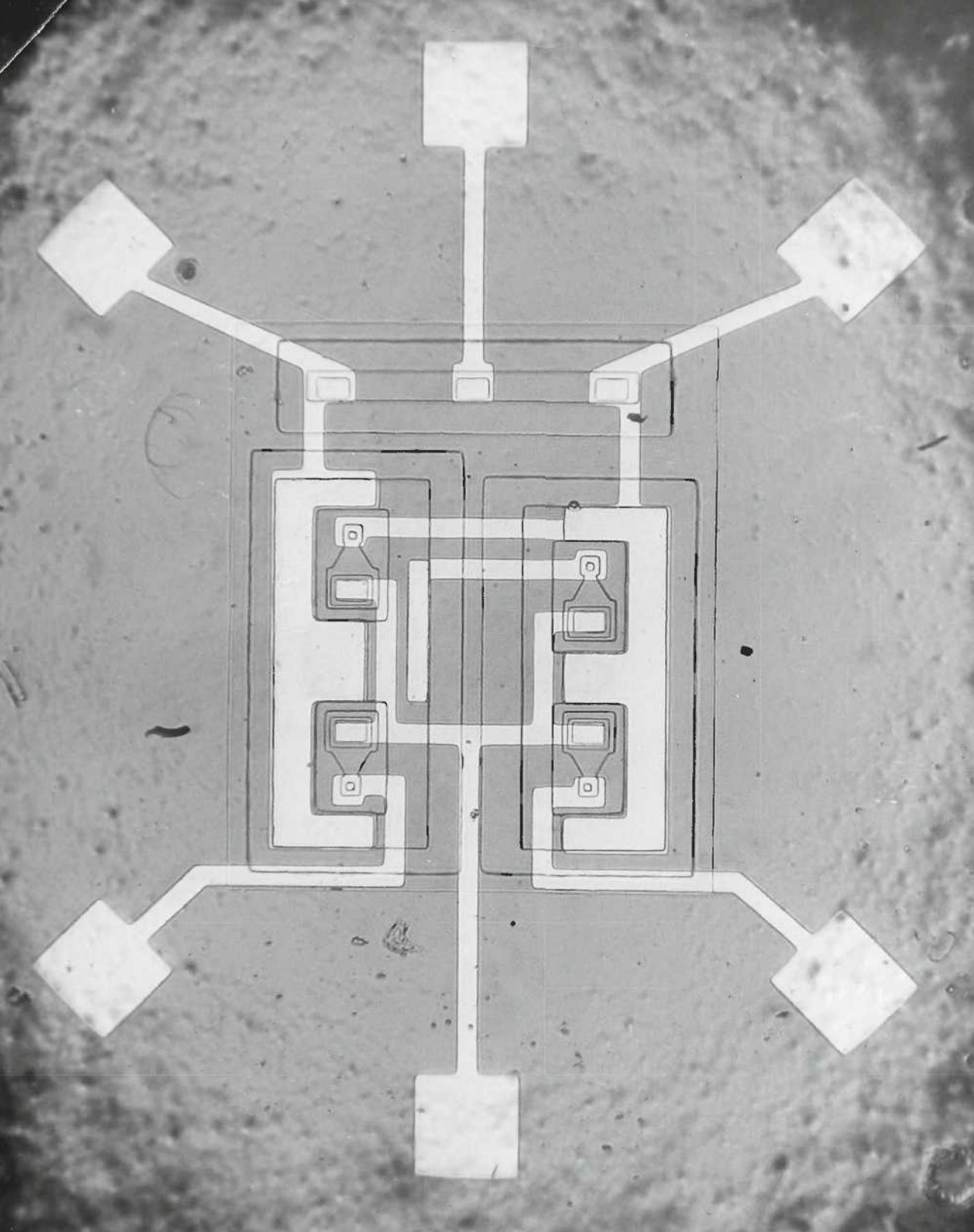
3. Latour 2013.

- BRÜCKNER Eduard, 2000, *The Sources and Consequences of Climate Change and Climate Variability in Historical Times*, éd. par Nico Stehr et Hans von Storch, Boston (MA), Kluwer Academic Publishers.
- CLOUD John, 2002, « American Cartographic Transformations during the Cold War », *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 29, n° 3, p. 261-282.
- 2003, « Introduction: Special Guest-Edited Issue on the Earth Sciences in the Cold War », *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, p. 629-633.
- COLE H.S.D., FREEMAN Christopher, JAHODA Marie et PAVITT K.R. (dir.), 1973, *Models of Doom: A Critique of «The Limits to Growth»*, New York, Universe Books.
- DAHAN Amy et AYKUT Stefan C., 2012, *De Rio 1992 à Rio 2012 : vingt années de négociations climatiques*, Paris, Centre Alexandre Koyré (CNRS / EHESS) et Institut francilien recherche innovation société (IFRIS).
- DISCO Nil et KRANAKIS Eda, 2013, *Cosmopolitan Commons: Sharing Resources and Risks across Borders*, Cambridge (MA), MIT Press.
- DOEL Ronald E., 2003, « Constituting the Postwar Earth Sciences: The Military's Influence on the Environmental Sciences in the USA after 1945 », *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, p. 635-666.
- DOEL Ronald E. et HARPER Kristine C., 2006, « Prometheus Unleashed: Science as a Diplomatic Weapon in the Lyndon B. Johnson Administration », *Osiris*, vol. 21, n° 1, p. 66-85.
- DÖRRIES Matthias, 2011, « The Politics of Atmospheric Sciences: "Nuclear Winter" and Global Climate Change », *Osiris*, vol. 26, n° 1, p. 198-223.
- EDWARDS Paul N., 1996, *The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*, Cambridge (MA), MIT Press.
- 2006, « Meteorology as Infrastructural Globalism », *Osiris*, vol. 21, p. 229-250.
- 2010, *A Vast Machine: Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*, Cambridge (MA), MIT Press.
- 2012, « Entangled Histories: Climate Science and Nuclear Weapons Research », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 68, n° 4, p. 28-40.
- EDWARDS Paul N. et al. 2013, *Knowledge Infrastructures: Intellectual Frameworks and Research Challenges*, Ann Arbor (MI), Deep Blue.
- EDWARDS Paul N. et SCHNEIDER Stephen H., 2001, « Governance and Peer Review in Science-for-Policy: The Case of the IPCC Second Assessment Report », in Clark A. MILLER et Paul N. EDWARDS (dir.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge (MA), MIT Press, p. 219-246.
- ELICHIRIGOITY Fernando, 1999, *Planet Management: Limits to Growth, Computer Simulation, and the Emergence of Global Spaces*, Evanston (IL), Northwestern University Press.
- ELZINGA Aant, 2010, « Achievements of the Second International Polar Year », in Susan BARR et Cornelia LUEDECKE (dir.), *The History of the International Polar Years (IPYs)*, Berlin, Springer, p. 211-234.
- FLEMING James R. (dir.), 1996, *Historical Essays on Meteorology (1919-1995)*, Boston (MA), American Meteorological Society.
- 1998, *Historical Perspectives on Climate Change*, New York, Oxford University Press.
- 2010, *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control*, New York, Columbia University Press.
- GOOD Gregory A., 2000, « The Assembly of Geophysics: Scientific Disciplines as

- Frameworks of Consensus», *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 31, n° 3, p. 259-292.
- GOULDER Lawrence H. et WILLIAMS III Roberton C., 2012, « The Choice of Discount Rate for Climate Change Policy Evaluation », *Climate Change Economics*, vol. 3, n° 4, p. 1250024-1 à 18.
- GROVE Richard, 1997, *Ecology, Climate and Empire: Colonialism and Global Environmental History (1400-1940)*, Cambridge, White Horse Press.
- GRUNDMANN Reiner, 2012, « The Legacy of Climategate: Revitalizing or Undermining Climate Science and Policy? », *WIREs Climate Change*, vol. 3, n° 3, p. 281-288.
- HAMBLIN Jacob D., 2000, « Visions of International Scientific Cooperation: The Case of Oceanic Science (1920-1955) », *Minerva*, vol. 38, n° 4, p. 393-423.
- HARPER Kristine C., 2008, *Weather by the Numbers: The Genesis of Modern Meteorology*, Cambridge (MA), MIT Press.
- HOGGAN James et LITTLEMORE Richard D., 2009, *Climate Cover-Up: The Crusade to Deny Global Warming*, Vancouver, Greystone Books.
- HOUGHTON John Theodore, JENKINS Geoffrey J. et EPHRAUMS J.J. (dir.), 1990, *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HUGHES Agatha C. et HUGHES Thomas P. (dir.), 2000, *Systems, Experts, and Computers: The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After*, Cambridge (MA), MIT Press.
- HULME Mike, 2009, *Why We Disagree about Climate Change: Understanding Controversy, Inaction and Opportunity*, Cambridge, Cambridge University Press.
- JASANOFF Sheila, 2010a, « A New Climate for Society », *Theory, Culture and Society*, vol. 27, n°s 2-3, p. 233-253.
- 2010b, « Testing Time for Climate Science », *Science*, vol. 328, n° 5979, p. 695-696.
- JASANOFF Sheila et MARTELLO Marybeth Long (dir.), 2004, *Earthly Politics: Local and Global in Environmental Governance*, Cambridge (MA), MIT Press.
- KRIGE John, 2006, « Atoms for Peace, Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence », *Osiris*, vol. 21, p. 161-181.
- KRIGE John et BARTH Kai-Henrik, 2006, « Introduction: Science, Technology, and International Affairs », *Osiris*, vol. 21, n° 1, p. 1-21.
- LATOUR Bruno, 2013, *Facing Gaia: Six Lectures on the Political Theology of Nature*, Gefford Lectures, Édimbourg 18-28 février 2013.
- LOCHER Fabien et FRESSOZ Jean-Baptiste, 2012, « Modernity's Frail Climate: A Climate History of Environmental Reflexivity », *Critical Inquiry*, vol. 38, n° 3, p. 579-598.
- MACHTA Lester, 2002, « Meteorological Benefits from Atmospheric Nuclear Tests », *Health Physics*, vol. 82, n° 5, p. 635-643.
- MACK Pamela E., 1990, *Viewing the Earth: The Social Construction of the Landsat Satellite System*, Cambridge (MA), MIT Press.
- MACKENZIE Donald, 2007, « The Political Economy of Carbon Trading », *London Review of Books*, vol. 29, n° 7, p. 29-31.
- MCDUGALL Walter A., 1985, *The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age*, New York, Basic Books.
- MILLER Clark A., 2001a, « Scientific Internationalism in American Foreign Policy: The Case of Meteorology (1947-1958) », in Clark A. MILLER et Paul N. EDWARDS (dir.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge (MA), MIT Press, p. 167-218.

- 2001b, «Hybrid Management: Boundary Organizations, Science Policy, and Environmental Governance in the Climate Regime», *Science, Technology and Human Values*, vol. 26, n° 4, p. 478-500.
 - 2006, «“An Effective Instrument of Peace”: Scientific Cooperation as an Instrument of US Foreign Policy (1938-1950)», *Osiris*, vol. 21, p. 133-160.
 - 2009, «Epistemic Constitutionalism in International Governance: The Case of Climate Change», in Michael A. HEAZLE, Martin GRIFFITHS et Tom J. CONLEY (dir.), *Foreign Policy Challenges in the 21st Century*, Northampton (MA), Edward Elgar Publishing, p. 141-163.
- MUKERJI Chandra, 1989, *A Fragile Power: Scientists and the State*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION 1981, *The Global Weather Experiment: Final Report of US Operations*, Washington (DC), National Oceanic and Atmospheric Administration.
- NAYLOR Simon *et al.*, 2008, «Science, Geopolitics and the Governance of Antarctica», *Nature Geoscience*, vol. 1, n° 3, p. 143-145.
- NEEDELL Allan A., 2000, *Science, Cold War and the American State: Lloyd V. Berkner and the Balance of Professional Ideals*, Amsterdam, Harwood Academic.
- NEEDELL Allan A., GALISON Peter L. et HEVLY Bruce, 1992, «From Military Research to Big Science: Lloyd Berkner and Science Statesmanship in the Postwar Era», in Peter Louis GALISON et Bruce HEVLY (dir.), *Big Science: The Growth of Large Scale Research*, Palo Alto (CA), Stanford University Press, p. 290-311.
- NEUMANN John von, 1955, «Can We Survive Technology?», *Fortune*, vol. 51, n° 6, juin, p. 106-108 et 151-152.
- NIELSEN Kristian, NIELSEN Henry et MARTIN-NIELSEN Janet, 2014, «City under the Ice: The Closed World of Camp Century in Cold War Culture», *Science as Culture*, vol. 23, n° 4, p. 443-464.
- ORESKE Naomi, 2003, «A Context of Motivation US Navy Oceanographic Research and the Discovery of Sea-Floor Hydrothermal Vents», *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, p. 697-742.
- 2007, «The Scientific Consensus on Climate Change: How Do We Know We’re Not Wrong?», in Joseph F. DiMENTO et Pamela DOUGHMAN (dir.), *Climate Change: What It Means for Us, Our Children, and Our Grandchildren*, Cambridge (MA), MIT Press, p. 65-100.
- ORESKE Naomi et CONWAY Erik M., 2010, *Merchants of Doubt*, New York, Bloomsbury Press.
- PARSON Edward A., 2003, *Protecting the Ozone Layer*, New York, Oxford University Press.
- ROBERT Aline, 2012, *Carbone connexion: le casse du siècle*, Paris, Max Milo.
- ROBOCK Alan, 2010, «Nuclear Winter», *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 1, n° 3, p. 418-427.
- ROBOCK Alan et TOON Owen Brian, 2012, «Self-Assured Destruction: The Climate Impacts of Nuclear War», *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 68, n° 5, p. 66-74.
- SALBY Murry, TITOVA Evgenia et DESCHAMPS Lilia, 2011, «Rebound of Antarctic Ozone», *Geophysical Research Letters*, vol. 38, n° 9.
- SCHIERMEIER Quentin, 2012, «The Kyoto Protocol: Hot Air», *Nature*, vol. 491, n° 7426, p. 656-658.
- 2013, «Germany’s Energy Gamble», *Nature*, vol. 496, p. 156-158.
- SIMON Julian, 1981, *The Ultimate Resource*, Princeton (NJ), Princeton University Press.

- SIMON Julian et KAHN Herman (dir.), 1984, *The Resourceful Earth: A Response to Global 2000*, Oxford, Basil Blackwell.
- SLUIJS Jeroen P. van der *et al.*, 1998, «Anchoring Devices in Science for Policy: The Case of Consensus around Climate Sensitivity», *Social Studies of Science*, vol. 28, n° 2, p. 291-323.
- STERN Nicholas H. *et al.*, 2006, *Stern Review: The Economics of Climate Change*, Londres, HM Treasury.
- STUDY OF CRITICAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS 1970, *Man's Impact on the Global Environment: Assessment and Recommendations for Action*, Cambridge (MA), MIT Press.
- STUDY OF MAN'S IMPACT ON CLIMATE 1971, *Inadvertent Climate Modification: Report of the Study of Man's Impact on Climate*, Cambridge (MA), MIT Press.
- THOMPSON Starley L. et SCHNEIDER Stephen H., 1986, «Nuclear Winter Reappraised», *Foreign Affairs*, vol. 64, p. 981-1005.
- TURCHETTI Simone, 2012, «Sword, Shield and Buoys: A History of the NATO Sub-Committee on Oceanographic Research (1959-1973)», *Centaurus*, vol. 54, n° 3, p. 205-231.
- TURCO Richard P. *et al.*, 1983, «Nuclear Winter: Global Consequences of Multiple Nuclear Explosions», *Science*, vol. 222, p. 1283-1292.
- TURNER Graham M., 2008, «A Comparison of *The Limits to Growth* with 30 Years of Reality», *Global Environmental Change*, vol. 18, n° 3, p. 397-411.
- VIEILLE-BLANCHARD Élodie, 2010, «Modelling the Future: An Overview of *The Limits to Growth* Debate», *Centaurus*, vol. 52, n° 2, p. 91-116.
- 2012, «The Origins of Integrated Models of Climate Change», *Atoms For Peace: An International Journal*, vol. 3, n° 3, p. 238-255.
- WEART Spencer R., 2003, *The Discovery of Global Warming*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- 2013, «Rise of Interdisciplinary Research on Climate», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, suppl. 1, p. 3657-3664.
- WILLIAMS Richard S. Jr. et CARTER William D., 1976, *ERTS-1: A New Window on Our Planet. Geological Survey Professional Paper 929*, Washington (DC), US Geological Survey.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT 1987, *Our Common Future*, New York, Oxford University Press.



20 Manager l'innovation

CHRISTOPHE LÉCUYER ¹

« Aujourd'hui plus qu'hier et demain plus qu'aujourd'hui, la survie des hommes et de leurs institutions dépendra de l'innovation. L'innovation est indispensable à la formation et la croissance des entreprises et à la santé économique, sociale et politique des nations². » C'est ainsi qu'un dirigeant des Bell Telephone Laboratories, le plus grand laboratoire de recherche industriel aux États-Unis, résume en 1971 les enjeux et représentations qui ont animé les pratiques de l'innovation depuis le début du xx^e siècle. L'innovation technique, c'est-à-dire l'ensemble du processus créatif qui va de l'invention au développement, à la commercialisation et au déploiement de nouvelles technologies, est en effet un des projets centraux des sociétés industrielles. Elle est au cœur de la stratégie des entreprises et des politiques publiques. Elle suscite des investissements financiers colossaux et est le fait d'ingénieurs et de scientifiques toujours plus nombreux.

De ces investissements humains et financiers et de cette focalisation sur l'innovation naissent de nouvelles techniques et secteurs industriels tels l'aérospatial, l'électronique, l'informatique, les nanotechnologies et les biotechnologies. Des matériaux révolutionnaires comme les plastiques, les matériaux composés et les semi-conducteurs apparaissent et permettent la conception et la production de nouveaux composants et systèmes. La structure même du monde technique change. Alors qu'il est électromécanique à la fin du xix^e siècle, il devient un monde numérique – c'est-à-dire un monde où les équipements électromécaniques sont contrôlés par des dispositifs numériques comme les puces et les logiciels. Au cours du xx^e siècle, les entreprises et organismes de recherche acquièrent aussi une maîtrise toujours plus grande du vivant.

1. L'auteur aimerait remercier l'Institut d'études avancées de la Central European University pour son soutien à la rédaction de ce chapitre.

2. Morton 1971.

◀ Le premier circuit intégré fabriqué à Fairchild Semiconductor, août 1960.

À ces mutations techniques de grande ampleur sont associés des changements dans la gestion de l'innovation elle-même. De nouvelles techniques managériales et de nouveaux mécanismes institutionnels apparaissent au sein des entreprises et des appareils étatiques pour gérer l'innovation. Les grandes entreprises créent, par exemple, des laboratoires de recherche qui assimilent l'innovation et leur permettent de concevoir de nouveaux procédés et produits. De nouvelles institutions telles que le capital-risque et les start-up apparaissent pour financer et accélérer le processus d'innovation. Les États créent des organismes dont la fonction première est de promouvoir le changement technique. La gestion de l'innovation se professionnalise aussi avec l'apparition d'une littérature scientifique sur l'innovation et la création de programmes d'enseignement qui forment les spécialistes du management de l'innovation¹.

Comment les entreprises et les *organismes publics* gèrent-ils l'innovation technique? Comment et pourquoi de nouvelles techniques, mécanismes et modes de financement de l'innovation apparaissent-ils? Comment ces innovations sociales façonnent-elles les mutations techniques et en retour comment les changements techniques influent-ils sur la gestion de l'innovation? Pour répondre à ces questions, ce chapitre se penchera sur le cas des États-Unis. Les États-Unis sont une très grande puissance technique au xx^e siècle – le pays où de nombreuses innovations telles que les circuits intégrés et la recombinaison génétique sont créées et commercialisées. Ils sont aussi un grand lieu d'expérimentation dans les techniques de gestion et les institutions de l'innovation. Ces innovations managériales et organisationnelles doivent beaucoup à la législation sur la concurrence, aux mutations de la jurisprudence sur la propriété industrielle et aux opportunités et contraintes offertes par les technologies elles-mêmes. Les conflits mondiaux et les guerres économiques jouent aussi un rôle essentiel dans leurs transformations.

Les techniques et institutions du management de l'innovation se développent aux États-Unis en trois temps, des années 1900 à nos jours². Dans un premier temps, les grandes entreprises, qui jusqu'au début du xx^e siècle achetaient les technologies sur le marché de la propriété industrielle, assimilent l'innovation pour mieux la contrôler. Elles créent des laboratoires de recherche, qui leur permettent de développer des capacités d'innovation internes, d'enrichir leurs portefeuilles de brevets et de constituer des quasi-monopoles dans les industries de pointe. La

1. Hounshell 1996.

2. Le management de l'innovation est conçu ici comme l'organisation du processus de l'innovation. Il a trois aspects: les modes de financement, les institutions et les techniques managériales.

crise de 1929 et les guerres qui la suivent transforment l'État fédéral en un grand acteur de l'innovation technique. L'État fédéral crée alors de nouveaux organismes pour accélérer le processus d'innovation et il finance massivement le développement de nouvelles technologies. Le rôle accru de l'État fédéral transforme la recherche industrielle et favorise l'apparition du capital-risque et des start-up. À partir de la fin des années 1970, les États-Unis connaissent une crise de l'innovation, qui entraîne la fermeture de nombreux laboratoires industriels et le retour des grandes entreprises à l'innovation marchande telle qu'elle était pratiquée à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle.

Contrôler l'innovation

L'innovation pendant la seconde moitié du XIX^e siècle est le fait d'inventeurs indépendants. Les inventeurs sont rarement des ingénieurs formés dans les écoles d'ingénieurs et les universités. Ce sont plutôt des praticiens qui inventent et déposent des brevets. Ils identifient les problèmes techniques les plus importants liés à l'électrification et à l'essor des grands réseaux (comme le télégraphe, les chemins de fer et les réseaux électriques) et ils trouvent des solutions à ces problèmes. Pour monétiser leurs inventions, les inventeurs engagent souvent des agents commerciaux qui les aident à identifier des clients potentiels et à négocier la cession de leurs droits. Le marché de la propriété industrielle est en effet florissant. Au milieu des années 1880, il y a plus de 550 cabinets d'avocats spécialisés dans le commerce de la propriété industrielle aux États-Unis. Certains cabinets acquièrent des brevets et cherchent ensuite à vendre des licences d'exploitation en assignant les sociétés en justice pour violation de leurs droits de propriété industrielle. Ils profitent ainsi d'un régime de la propriété intellectuelle qui est très favorable aux détenteurs de brevets¹.

Dans cet environnement où l'innovation dépend souvent de l'achat et de la vente de brevets, les grandes entreprises développent des fonctions de veille technologique. Elles créent des services dont le but est d'identifier les inventions et les brevets les plus importants pour leur croissance. Par exemple, l'American Bell Telephone Company, la plus grande entreprise de téléphonie aux États-Unis, a un département des brevets dont la fonction est d'évaluer les inventions faites à l'extérieur de l'entreprise et de les acheter si elles semblent importantes pour son avenir (le danger est en effet que les brevets importants tombent dans les mains de ses

1. Lamoreaux et Sokoloff 1999, Hughes 1989.

concurrents). Les entreprises intègrent alors les technologies acquises sur le marché dans leurs propres produits et systèmes, et les commercialisent. Les sociétés se protègent aussi des cabinets d'avocats qui les assignent en justice en s'associant à des entreprises concurrentes pour créer des cartels de brevets. Ces cartels, qui sont particulièrement répandus dans l'industrie des chemins de fer, permettent aux sociétés de présenter un front uni vis-à-vis des détenteurs de brevets et de réduire ainsi le coût de la propriété intellectuelle¹.

Ces pratiques de management de l'innovation changent au début du xx^e siècle dans les industries les plus en pointe, tout particulièrement les télécommunications, l'industrie électrique, l'industrie chimique et les industries de la photographie et des pneumatiques. Les grandes entreprises assimilent alors l'innovation technique et créent des laboratoires de recherche afin de mieux la diriger et la contrôler (elles continuent d'acheter des brevets et des technologies, mais ces achats représentent une part plus faible de leurs portefeuilles techniques, surtout à partir des années 1920). Elles suivent ainsi l'exemple des grandes sociétés chimiques allemandes qui comme Friedrich Bayer AG avaient créé des laboratoires de recherche à la fin du xix^e siècle. Entre 1900 et 1913, 50 grandes entreprises américaines établissent leurs propres programmes de recherche. Parmi les plus connues sont DuPont, General Electric, AT & T (la nouvelle incarnation d'American Bell Telephone), Dow Chemical, Eastman Kodak, Goodyear et la Standard Oil of Indiana².

La création de ces laboratoires de recherche peut s'expliquer en partie par la concurrence et les lois qui régissent la concentration industrielle au début du xx^e siècle. À cette époque, les entreprises allemandes concurrencent de plus en plus les grands groupes américains sur leurs propres marchés. En même temps, beaucoup de sociétés voient leurs brevets les plus importants expirer à cette époque. Un autre facteur est l'apparition de nouvelles technologies telles que celles de la radio qui menacent à terme les réseaux téléphoniques. Or, pour répondre à ces défis qui mettent en danger leurs investissements et positions sur les marchés, les entreprises ne peuvent plus acheter leurs concurrents, comme elles le faisaient jusqu'alors. En 1890, le Congrès américain vote la loi Sherman contre les trusts. Cette loi, qui limite les comportements anticoncurrentiels des entreprises, est de plus en plus appliquée au début du xx^e siècle et permet à l'État fédéral de démanteler plusieurs grandes sociétés comme Standard Oil et American Tobacco. Pour répondre aux défis techniques et

1. Lamoreaux et Sokoloff 1999.

2. Noble 1977, Reich 1985, Hounshell et Smith 1988, Hounshell 1996, Gertner 2012.

à la concurrence extérieure, les sociétés n'ont plus qu'une issue : développer davantage leurs capacités internes d'innovation, notamment en créant des laboratoires de recherche. Les laboratoires apportent aussi des avantages politiques et légaux. Ils permettent aux grandes entreprises d'améliorer leur image en s'associant à la science, qui est alors très valorisée aux États-Unis. En outre, les tribunaux, qui se prononcent sur l'avenir des trusts, considèrent les investissements dans la recherche de façon favorable et les prennent en compte dans leurs décisions¹.

Les laboratoires industriels créés dans les années 1900 et au début des années 1910 ont plusieurs caractéristiques en commun. À la différence des ateliers dirigés par les inventeurs, ils emploient des ingénieurs, chimistes et physiciens formés dans les universités et les écoles d'ingénieurs. Les chercheurs des laboratoires, comme les inventeurs avant eux, pratiquent l'ingénierie par tâtonnements. Mais – et ceci est la nouveauté – ils essaient aussi de mieux comprendre les principes scientifiques qui sous-tendent produits et méthodes de fabrication, afin de les améliorer et d'en créer de nouveaux. Enfin, les laboratoires sont isolés des unités de production, de façon à ce que les chercheurs ne focalisent pas leurs efforts sur les problèmes immédiats de fabrication. Mais cela ne veut pas dire que les laboratoires sont distants des préoccupations commerciales des entreprises. Au contraire, leur fonction est d'établir des normes techniques, de concevoir de nouveaux dispositifs et méthodes de fabrication, d'acquérir des brevets et plus généralement de rationaliser la production et de renforcer les positions des sociétés sur les marchés. Pour ce faire, les laboratoires sont intégrés aux autres fonctions de l'entreprise par l'intermédiaire d'instances de pilotage et de comités techniques².

Les laboratoires industriels ont rapidement un impact important sur l'innovation. Ils permettent d'agir à la fois sur les techniques, les marchés et l'environnement légal. Dans le cas de General Electric, la première entreprise à se lancer dans la recherche aux États-Unis, la création d'un laboratoire de recherche stimule l'innovation dans les ampoules à incandescence. Utilisant la méthode des tâtonnements, William Coolidge, un physicien de General Electric, conçoit un filament en tungstène qui permet la production d'ampoules beaucoup plus fiables. Ces ampoules sont ensuite perfectionnées par Irving Langmuir, un chimiste et futur Prix Nobel, qui s'attaque au problème de leur noircissement. Langmuir

1. Lamoreaux et Sokoloff 1999, Reich 1985, Hounshell et Smith 1988, Hounshell 1996, Gertner 2012. Les plus grandes entreprises américaines visent à obtenir des économies de champ et d'échelle par l'intégration verticale et l'internalisation de l'innovation, de la production, du marketing et de la vente. Voir Chandler 1988.

2. Reich 1985, Hounshell et Smith 1988, Hounshell 1996, Gertner 2012, Lécuyer et Choi 2012.

fait des études sur les phénomènes physico-chimiques qui se passent à l'intérieur des ampoules. Ces études l'amènent à remplir les ampoules d'un gaz inerte, comme l'argon, qui règle le problème de leur noircissement et augmente leur durée de vie. Dans la décennie 1910, General Electric brevète ces inventions et beaucoup d'autres, qui leur sont associées. Le portefeuille de brevets de l'entreprise devient si solide qu'il lui permet de constituer un monopole dans les ampoules à incandescence – et cela malgré le démantèlement en 1912, par l'État fédéral, d'un cartel qui contrôle leur production et leur vente. Les brevets empêchent, en effet, d'autres entreprises de s'implanter sur le marché des ampoules à incandescence. Ils mettent aussi General Electric en position de force vis-à-vis des titulaires de licences qui doivent payer de fortes redevances s'ils dépassent leurs quotas de vente. Les titulaires de licences sont aussi obligés de mettre leurs propres brevets à la disposition de General Electric. En 1928, General Electric et les entreprises qu'elle contrôle par l'intermédiaire de ses brevets détiennent 96 % du marché américain des ampoules à incandescence. Les ampoules représentent alors la moitié des profits de l'entreprise. En bref, le laboratoire de recherche permet à General Electric de contourner la législation sur les trusts et d'en tirer des avantages économiques très substantiels¹.

Les succès techniques, commerciaux et légaux des premiers laboratoires de recherche industriels stimulent la croissance très rapide de la recherche industrielle pendant l'entre-deux-guerres. Beaucoup de sociétés créent alors des laboratoires de ce type, tout particulièrement dans la sidérurgie, l'industrie automobile et l'industrie pharmaceutique. La création de laboratoires leur paraît essentielle pour maintenir leur compétitivité et leur emprise sur les marchés. Le nombre de sociétés qui ont des laboratoires de recherche passe de 50 en 1913, à 1 600 en 1931 et 2 000 en 1940. En même temps, la taille des laboratoires grandit de façon substantielle. Par exemple, en 1925, les laboratoires d'AT & T, connus sous le nom des Bell Telephone Laboratories, ont 3 600 employés. Ils en ont plus de 5 000 en 1940².

Accélérer l'innovation

La crise de 1929 et plus encore la Seconde Guerre mondiale transforment les mécanismes institutionnels et les modes de financement de

1. Reich 1985.

2. Reich 1985, Hounshell 1996.

l'innovation aux États-Unis. L'objectif principal des acteurs de l'innovation devient alors d'accélérer l'innovation – de réduire le laps de temps entre invention et commercialisation et de favoriser l'essor de nouvelles industries. Les crises économiques et militaires poussent en effet l'État fédéral, qui a jusqu'alors pratiqué le laisser-faire technique, à intervenir de façon massive dans le processus d'innovation. Dans un premier temps, l'État fédéral cherche à briser les monopoles sur les brevets, afin d'accélérer l'innovation et la répandre au sein du tissu industriel. Pour beaucoup d'observateurs, la crise de 1929 montre les limites du système d'innovation tel qu'il est apparu au début du siècle. Les grands groupes contrôlent si bien l'innovation qu'ils l'étouffent et qu'ils ralentissent ainsi l'essor de nouvelles industries. Il faut donc ouvrir l'innovation à d'autres acteurs, notamment les petites et moyennes entreprises. Ce constat pousse Thurman Arnold, vice-ministre de la Justice dans l'administration Roosevelt, à lancer des enquêtes pour violation de la loi Sherman contre les trusts à la fin des années 1930. Son but est moins de démanteler les grandes entreprises que de ravir leurs brevets et les mettre à la disposition d'autres sociétés. Ces efforts sont relayés dans l'après-guerre par des juges fédéraux hostiles aux pratiques des années 1920 dans le domaine de la propriété industrielle¹.

Cette campagne juridique transforme le régime de la propriété intellectuelle aux États-Unis. Elle force de nombreux groupes comme AT & T, IBM, Alcoa et DuPont à donner des licences d'exploitation gratuites à toutes les entreprises américaines qui veulent utiliser leurs brevets. Ainsi, près de 50 000 brevets, sur un total de 600 000, sont rendus « publics » de 1941 à 1959. Nombre de ces brevets portent sur des innovations importantes comme le nylon conçu par des chimistes de DuPont à la fin des années 1930. Les entreprises doivent aussi s'engager à vendre des licences à bas prix sur les brevets qu'elles obtiendront à l'avenir. Ces mesures ébranlent profondément les monopoles qui étaient apparus dans la chimie, l'électronique et l'industrie pharmaceutique pendant les premières décennies du xx^e siècle. Elles empêchent les grandes entreprises d'utiliser leurs brevets pour limiter la concurrence. Les brevets eux-mêmes deviennent moins importants et sont utilisés de plus en plus de façon défensive².

Le second conflit mondial transforme aussi l'État fédéral en un très grand financeur et instigateur de l'innovation. L'administration Roosevelt fait des investissements considérables dans le développement de nouvelles technologies comme les systèmes radars et la bombe atomique. Elle crée

1. Hart 1998, Mowery 2009.

2. Hart 1998.

aussi de nouveaux organismes pour promouvoir l'innovation technique. Dans l'après-guerre, les gouvernements successifs redoublent d'efforts afin de renforcer les capacités militaires des États-Unis. Ils font des investissements gigantesques en recherche et développement. Ces financements passent de 1,8 milliard de dollars en 1951 à 19,8 milliards en 1975 et représentent pendant cette période plus de la moitié des investissements de recherche et développement aux États-Unis. L'État fédéral crée aussi une multiplicité d'agences pour financer et guider la conception de nouvelles technologies. Le plus innovateur de ces organismes d'un point de vue managérial est sans doute l'Advanced Research Projects Agency (ARPA, connue plus tard sous le nom de DARPA), une agence du ministère de la Défense. Les cadres de l'ARPA sélectionnent les meilleurs groupes de recherche dans les universités et les entreprises et suivent leurs progrès de très près. Ils intègrent ainsi les activités de ces groupes en un programme cohérent, qui développe des technologies avancées pour l'armée¹.

Le foisonnement des agences et programmes fédéraux crée un système décentralisé de l'innovation qui aiguillonne la concurrence entre les organismes publics et les institutions qu'ils financent et qui stimule ainsi la conception concomitante d'un très grand nombre de technologies militaires. Les programmes de R & D financés par l'État fédéral et les achats massifs de matériels par l'armée donnent une impulsion décisive à l'innovation dans les matériaux, l'électronique, l'informatique et l'aéronautique. Par exemple, pour rendre ses systèmes d'armement et de communications plus fiables, le ministère de la Défense pousse à la numérisation des techniques. Par l'intermédiaire de contrats de recherche et la passation de marchés publics, il finance le développement des semi-conducteurs, ordinateurs et réseaux informatiques, ainsi que leur intégration dans les armements et les réseaux de communication².

Les investissements massifs de l'État fédéral dans l'innovation et la relance des procès antitrust dans l'immédiat après-guerre entraînent la croissance et la restructuration de la recherche dans les grandes entreprises. Les grands groupes reçoivent plus de la moitié des financements fédéraux de R & D. Ils accroissent beaucoup leurs propres investissements de R & D pour participer aux révolutions techniques que promettent les programmes de recherche fédéraux. Ces investissements industriels passent de 2,3 milliards de dollars en 1954 à 15,5 milliards en 1975. Le nombre de sociétés ayant leurs propres laboratoires quintuple en passant de 2 000 en 1940 à plus de 11 000 en 1975. En outre, beaucoup de sociétés

1. Statistiques historiques de la NSF.

2. Lécuyer 2006.

créent des laboratoires centraux qui renforcent leurs compétences scientifiques et développent des produits dérivés de la recherche fondamentale¹.

Simultanément, certaines entreprises mettent en place de nouveaux mécanismes pour accélérer l'innovation et transférer le plus vite possible produits et procédés conçus dans les laboratoires vers les unités de fabrication. Ces efforts d'accélération de l'innovation sont particulièrement prononcés dans les composants électroniques, essentiels pour les systèmes d'armement. Les composants sont aussi caractérisés par l'imbrication des dispositifs et des procédés de fabrication et demandent une collaboration particulièrement étroite entre R & D et production. Les Bell Telephone Laboratories sont à la pointe de ces innovations. En 1945, les dirigeants des Bell Labs réorganisent leurs laboratoires. Ils créent des groupes de recherche interdisciplinaires composés de physiciens, chimistes et spécialistes des matériaux pour s'attaquer à des problèmes difficiles tels que la création d'amplificateurs utilisant la physique des états solides. Un de ces groupes, dirigé par William Shockley, invente le transistor à pointes en 1947 et met au point le transistor à jonction quelques années plus tard².

Les dirigeants des Bell Labs établissent aussi un laboratoire de développement dans une usine de Western Electric en 1945 (Western Electric est la filiale d'AT & T qui produit les équipements téléphoniques). Ce laboratoire aide au transfert des tubes électroniques conçus par les équipes des Bell Labs aux lignes de fabrication de l'usine. Pendant les années 1950 et au début des années 1960, la direction des Bell Telephone Laboratories installe plusieurs laboratoires de ce type dans d'autres usines de Western Electric pour accélérer le transfert des transistors et des circuits intégrés à la production. Beaucoup de fabricants de composants électroniques suivent l'exemple des Bell Labs et créent des équipes de recherche pluridisciplinaires ainsi que leurs propres mécanismes de transfert interne pendant les années 1950 et 1960³.

Dans l'après-guerre, les grandes entreprises sont néanmoins de plus en plus concurrencées par de nouveaux acteurs de l'innovation, les universités et les start-up. Pendant les premières décennies du xx^e siècle, les universités avaient souvent travaillé pour les entreprises, s'attaquant à des problèmes d'ordre pratique que les sociétés leur soumettaient. Cette situation change avec la crise de 1929 qui tarit les financements industriels et, plus encore, avec la Seconde Guerre mondiale et la guerre froide.

1. Hounshell et Smith 1988, Hounshell 1996, Lécuyer et Choi 2012.

2. Morton 1971. Les grandes entreprises adoptent aussi la méthode PERT et les formes d'organisation matricielle pour accélérer la conception de nouveaux systèmes d'armement pendant les années 1950 et 1960.

3. Morton 1971.

Les investissements massifs du gouvernement fédéral dans la recherche universitaire font des universités des concurrents des grandes entreprises. Avec l'argent fédéral, des universités comme le MIT, Stanford et UC Berkeley se lancent dans le développement de nouveaux matériaux et composants et dans la conception de radars, d'ordinateurs, de systèmes de guidage et de télécommunications. Elles font des innovations importantes comme les noyaux magnétiques utilisés dans la mémoire des ordinateurs. Avec le soutien de l'armée, les universités transfèrent ces technologies vers l'industrie. Par exemple, un groupe autour de Jay Forrester, qui invente les noyaux magnétiques et conçoit l'ordinateur SAGE au MIT, transfère ces technologies à IBM, qui les produit et les intègre dans un système de détection de missiles balistiques. À la fin des années 1960, les universités sont devenues des acteurs à part entière de l'innovation, tout particulièrement dans les hautes technologies¹.

La croissance du marché militaire et l'affaiblissement des droits de la propriété industrielle entraînent aussi l'apparition d'une nouvelle institution de l'innovation dans l'après-guerre : les start-up. Elles se concentrent sur les domaines techniques les plus en pointe et commercialisent des technologies souvent conçues dans les universités et les grandes entreprises. L'essor des start-up doit beaucoup à la création de nouvelles formes de financement de l'innovation. Des financiers de la région de Boston et des administrateurs du MIT, qui s'inquiètent de la rareté des capitaux pour les nouvelles entreprises de haute technologie, inventent le capital-risque à la fin des années 1940 et au début des années 1950. Le capital-risque se répand ensuite sur la côte Ouest, tout particulièrement dans la Silicon Valley, pendant les années 1960 et 1970. Les capital-risqueurs financent la constitution d'équipes de cadres et d'ingénieurs et la conception de nouveaux produits en prenant des parts dans l'actionnariat de jeunes sociétés. Ils récupèrent ensuite leurs investissements en introduisant les actions de ces entreprises sur les marchés boursiers. Les fonds de capital-risque investissent sur un horizon de cinq ans².

Cet objectif financier et l'âpre concurrence qui règne dans les industries de pointe conduisent les start-up à accélérer le processus d'innovation – à réduire le laps de temps entre invention et commercialisation. Il est en effet vital pour les jeunes sociétés d'introduire leurs produits sur le marché plus vite que les grands entreprises, qui disposent de ressources techniques et financières et de forces de vente bien supérieures. Pour

1. Leslie 1992.

2. Lécuyer 2006.

innover le plus vite possible, certaines start-up créent plusieurs groupes de développement internes, qui se concurrencent pour concevoir de nouvelles technologies et les mettre sur les marchés. D'autres start-up, surtout à partir de la fin des années 1960, décident de faire leur R & D sur les chaînes de production plutôt que dans des laboratoires indépendants (les transferts entre laboratoires et unités de production, malgré les innovations organisationnelles des Bell Labs, sont en effet le point faible de la recherche industrielle, telle qu'elle est pratiquée depuis le début du siècle). Par exemple, Intel, une start-up de la Silicon Valley qui se spécialise dans les mémoires électroniques et les microprocesseurs, ne crée pas son propre laboratoire de recherche. Ses ingénieurs conduisent leurs projets de R & D directement sur les chaînes de fabrication. C'est en observant les procédés qu'ils conçoivent de nouveaux produits. Ce modèle d'innovation confère des avantages très substantiels aux start-up. Dans certaines industries comme les semi-conducteurs, elles concurrencent de plus en plus les grandes entreprises, au point de les forcer à abandonner des secteurs d'activité tout entiers¹.

Acheter l'innovation

À la fin des années 1970 et pendant les années 1980, les États-Unis connaissent une crise de l'innovation. Les grands laboratoires industriels sont de plus en plus concurrencés par les start-up. Ils deviennent de moins en moins productifs et rencontrent de grandes difficultés à commercialiser leurs propres produits. Les dirigeants des grands groupes, qui font face à une concurrence étrangère accrue, réduisent les effectifs des laboratoires centraux et les réorientent vers les problèmes immédiats des entreprises. Certains laboratoires de recherche qui ont longtemps dominé l'innovation industrielle, comme les Bell Telephone Laboratories, déclinent, avant de fermer définitivement leurs portes. L'État fédéral se désengage en partie de la recherche militaire et se réoriente vers les sciences de la vie. Il voit aussi sa place relative dans le financement de la R & D diminuer². En même temps, de nouveaux rivaux commerciaux apparaissent, comme le Japon, qui maîtrise mieux le processus d'innovation. Les entreprises japonaises introduisent les produits plus vite sur les marchés et ces produits sont souvent de meilleure qualité. Elles

1. Lécuyer 2006, Lécuyer et Brock 2010, Lécuyer et Choi 2012.

2. La part de l'État fédéral dans le financement de la recherche et développement passe de près de la moitié du financement total de la R & D en 1982 au quart en 2000.

conquièrent ainsi le marché américain de l'électronique grand public et menacent la survie d'autres secteurs industriels comme l'automobile et les semi-conducteurs.

Pour répondre au défi japonais, l'administration Reagan encourage les acteurs de l'innovation à coopérer. Le consensus aux États-Unis est en effet que les sociétés japonaises doivent leurs succès techniques et commerciaux aux collaborations entre entreprises organisées par le MITI, le ministère japonais du Commerce extérieur et de l'Industrie. Pour créer le cadre législatif qui permettrait ce genre de collaborations aux États-Unis, le Congrès vote le National Cooperative Research Act en 1984, qui exempte les collaborations de R & D des lois contre les trusts. En coopération avec les entreprises, le ministère de la Défense finance aussi la création de consortiums, comme SEMATECH qui mène des recherches sur les procédés de fabrication pour l'industrie microélectronique. Jugeant qu'il est important de renforcer les liens entre entreprises et universités (les universités étant perçues comme un atout dans la guerre économique avec le Japon), la National Science Foundation (NSF), une autre agence de l'État fédéral, crée plus d'un millier de centres de recherche dans les universités. Ces centres sont financés à la fois par les sociétés et la NSF et conduisent des recherches sur des technologies génériques importantes pour les entreprises¹.

L'administration Reagan renforce aussi les droits de la propriété intellectuelle pour protéger les sociétés américaines de la concurrence étrangère. Pour ce faire, elle crée en 1982 un nouveau tribunal fédéral, la Court of Appeals for the Federal Circuit, qui centralise à l'échelle des États-Unis tous les recours intentés à la suite de procès sur la violation de brevets. La création de cette chambre d'appel transforme profondément le régime de la propriété industrielle. À la différence des chambres régionales qu'il remplace, le nouveau tribunal soutient les droits des détenteurs de brevets. Il force les entreprises qui violent des brevets à payer de très fortes amendes et à cesser de vendre les produits incriminés. Ces décisions confèrent une valeur marchande beaucoup plus grande aux brevets et aux licences. Le nombre de dépôts de brevets et la valeur des licences augmentent très rapidement. La croissance du marché de la propriété industrielle attire des intermédiaires qui, comme leurs prédécesseurs à la fin du XIX^e siècle, vivent du commerce des brevets. De nouvelles entités, connues souvent sous le nom de « trolls », apparaissent aussi, qui forcent les grands groupes à leur payer des redevances sur les brevets qu'elles ont acquis. Pour se protéger des trolls, les sociétés de hautes technologies

1. Block et Keller 2009.

créent alors des portefeuilles collectifs de brevets, comme les entreprises de chemins de fer l'avaient fait un siècle plus tôt.

L'apparition d'un marché très actif de la propriété industrielle et le renforcement des collaborations entre entreprises et entre sociétés et universités recomposent le paysage de l'innovation aux États-Unis. Ils poussent les entreprises à revenir, en partie, aux formes d'organisation de l'innovation de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e. Les grands groupes externalisent l'innovation. Ils s'appuient de plus en plus sur des acteurs externes pour concevoir et développer les technologies et les produits qu'ils commercialisent. La fonction principale des laboratoires de recherche devient alors d'identifier les savoirs et les technologies conçus à l'extérieur, d'acheter les droits sur ces technologies et de les intégrer au sein des entreprises. Les achats de technologies prennent plusieurs formes. Certaines sociétés acquièrent des start-up pour innover. C'est le cas de Cisco Systems, l'entreprise de matériels de télécommunications installée dans la Silicon Valley, qui achète plusieurs dizaines de start-up spécialisées dans l'interconnexion des réseaux pendant les années 1990. Cisco fait peu de recherche en interne et se repose beaucoup sur ces acquisitions pour mettre de nouveaux produits sur le marché¹.

D'autres sociétés financent la R & D dans les universités pour accéder aux nouvelles technologies. Monsanto et les entreprises pharmaceutiques, par exemple, concluent de très gros contrats de recherche avec le MIT, Harvard et UCSE, pour acquérir les compétences dans les biotechnologies que ces universités ont développées avec les financements de l'État fédéral. Intel fait aussi appel aux universités pour développer les savoirs dont l'entreprise a besoin. Utilisant les techniques managériales conçues par la DARPA, les cadres d'Intel intègrent ces projets universitaires en des programmes cohérents et transfèrent les résultats les plus prometteurs des équipes de recherche universitaires aux groupes concevant les nouveaux microprocesseurs et procédés de fabrication au sein de la société. Intel se transforme aussi en capital-risqueur avec la formation de son propre fonds de capital-risque. Ce fonds finance les start-up qui accélèrent l'utilisation de ses produits².

Dans ce nouveau paysage de l'innovation, les universités assument de plus en plus les fonctions des laboratoires de recherche centraux de l'après-guerre. Elles font la recherche fondamentale que les grandes entreprises ne font plus et elles assument les risques et une partie du coût de ces travaux. Les contrats de recherche industriels représentent en effet

1. Mowery 2009, Chesbrough 2003.

2. Chesbrough 2003.

une part croissante des financements. Pendant la première moitié des années 1990, ils financent plus du tiers des dépenses de recherche au MIT. Les universités, qui acquièrent, en 1980, avec le Bayh-Dole Act, le droit de breveter les inventions faites par leurs employés avec des financements fédéraux, revendiquent de plus en plus leurs droits sur les technologies et les logiciels produits par les étudiants et le corps professoral. Elles se lancent dans le commerce de la propriété intellectuelle et créent des services de transfert de technologies dont le but est de maximiser les redevances venant de l'industrie. Ce commerce est très lucratif pour certaines d'entre elles. Par exemple, le brevet de Stanley Cohen et Herbert Boyer portant sur la recombinaison génétique rapporte plus de 200 millions de dollars à Stanford et à l'université de Californie pendant les années 1980 et 1990. En revanche, beaucoup d'autres universités perdent de l'argent dans leurs activités de transfert de technologie.

Afin de structurer le paysage de l'innovation et coordonner les activités de nombreux acteurs qui ont souvent des intérêts divergents, de nouvelles institutions apparaissent à la fin des années 1980 et pendant les années 1990 : les feuilles de route. Les mécanismes de marché ne sont pas en effet suffisants pour organiser l'innovation et lui donner une direction sur le long terme. Les feuilles de route, qui sont dominées pour la plupart par les grandes entreprises, reprennent les fonctions d'impulsion des agences fédérales pendant la guerre froide et elles organisent les activités d'innovation de nombreuses institutions. Elles apparaissent tout d'abord dans l'industrie microélectronique, où le modèle marchand de l'innovation s'est développé le plus tôt, et se répandent plus tard dans d'autres industries de pointe¹.

La feuille de route la plus connue est sans doute la National Technology Roadmap for Semiconductors (NTRS), qui est créée en 1992 par le syndicat patronal de l'industrie des semi-conducteurs. La NTRS définit les grands objectifs techniques pour l'industrie microélectronique tout entière sur un horizon de quinze ans. Elle identifie aussi les obstacles auxquels les ingénieurs doivent faire face pour atteindre ces objectifs et proposent des solutions à ces problèmes. La NTRS façonne profondément l'innovation dans les semi-conducteurs. En créant un consensus sur les orientations futures de la microélectronique, elle guide la complexification toujours plus grande des circuits intégrés et le développement de nouveaux matériaux et procédés de fabrication qui les rendent possibles. Les entreprises, les universités, les laboratoires nationaux, les agences fédérales et les consortiums tels que SEMATECH reprennent les objectifs de la

1. Lécuyer et Choi 2012.

NTRS et utilisent ses conclusions pour guider leurs investissements de R & D et établir des collaborations avec d'autres organisations. Depuis une quinzaine d'années, d'autres industries comme la chimie, l'énergie, les cellules photovoltaïques, les nanotechnologies et les biotechnologies créent leurs propres feuilles de route pour organiser et orienter l'innovation. Les feuilles de route y ont la même fonction : elles permettent aux grandes sociétés d'imposer leurs objectifs techniques, de créer des réseaux de collaboration avec des petites et moyennes entreprises et d'orienter les financements de R & D de l'État fédéral¹.

Le triomphe de l'innovation marchande a un effet en retour et suscite l'apparition du mouvement *open source* en informatique, qui rejette les nouvelles formes du management de l'innovation. Beaucoup d'informaticiens, qui ont librement échangé leurs programmes pendant les années 1960 et 1970, se rebellent contre la marchandisation de l'innovation et la place toujours plus grande de la propriété intellectuelle. Ils s'opposent tout particulièrement à ce que les entreprises et les universités interdisent la libre distribution de leurs logiciels par l'intermédiaire des licences. En 1985, un groupe de programmeurs du MIT crée la Free Software Foundation qui conçoit et diffuse un nouveau type de licence donnant aux usagers d'un programme le droit de l'utiliser gratuitement, de le modifier et de le distribuer – sans pour autant pouvoir l'incorporer dans des produits commerciaux. En bref, la fondation emploie les outils de l'innovation marchande pour mieux lutter contre elle. La croissance de l'Internet permet au mouvement des logiciels libres de prendre une très grande ampleur pendant les années 1990. Des centaines de milliers de bénévoles conçoivent alors des logiciels de façon collective et utilisent les licences conçues par la Free Software Foundation pour les rendre libres d'accès et d'utilisation. Ce mouvement devient si puissant que de nombreuses sociétés d'informatique doivent s'adapter et rendent publics certains de leurs logiciels. D'autres entreprises sont créées pour maintenir les logiciels *open source*, les améliorer et expliquer leur fonctionnement à leurs utilisateurs².

Conclusion

L'histoire de la gestion de l'innovation aux États-Unis au xx^e siècle peut se résumer en trois verbes : contrôler, accélérer et acheter. Tout d'abord, les plus grandes sociétés assimilent l'innovation et créent des laboratoires de

1. Lécuyer et Choi 2012.

2. Hippel 2005.

recherche pour mieux la contrôler. À partir de la Seconde Guerre mondiale, un nouvel acteur de l'innovation, l'État fédéral, ainsi qu'une nouvelle catégorie d'entreprises, les start-up, apparaissent. Ils se focalisent sur l'accélération de l'innovation et la création de nouvelles industries. De la crise de la fin des années 1970 naissent de nouvelles formes du management de l'innovation. Avec le soutien de l'État fédéral, les sociétés externalisent alors le processus d'innovation. Elles se désengagent de la recherche et achètent les savoirs et les technologies sur les marchés de la propriété intellectuelle pour concevoir et commercialiser de nouveaux produits.

Ces mutations sont façonnées par l'évolution de la législation sur la concurrence et les transformations du régime de la propriété industrielle. Elles doivent aussi beaucoup aux politiques économiques et aux choix militaires des gouvernements successifs. Enfin, l'évolution des formes de gestion de l'innovation est liée à l'apparition de nouvelles technologies. L'innovation managériale suit, en quelque sorte, l'innovation technique. Mais cela ne veut pas dire que les technologies déterminent les formes sociales de leur exploitation. Les ingénieurs, cadres industriels et hauts fonctionnaires expérimentent avec de nouvelles formes d'organisation et de financement de l'innovation afin de tirer le meilleur parti des nouvelles technologies. Il se trouve que certaines innovations organisationnelles se prêtent mieux que d'autres à l'innovation technique dans certains secteurs. Par exemple, les dirigeants des Bell Telephone Laboratories créent des groupes de recherche interdisciplinaires et établissent des antennes de leurs laboratoires de développement dans les usines de Western Electric pour concevoir les transistors et les transférer le plus vite possible aux unités de production. Mais la forme organisationnelle qui se prête le mieux à l'exploitation des technologies de la microélectronique et à leur commercialisation apparaît ailleurs, dans les start-up de la Silicon Valley qui font toute leur R & D directement sur les lignes de fabrication.

Les États-Unis sont particulièrement novateurs dans l'organisation du processus d'innovation et constituent un modèle dans ce domaine tout au long du xx^e siècle. Les entreprises américaines s'inspirent certes des laboratoires industriels allemands et des collaborations japonaises en R & D. Mais c'est aux États-Unis que les laboratoires de recherche industriels se développent le plus et que de nouvelles formes du management de l'innovation telles que les start-up et le capital-risque sont inventées. C'est aussi en Amérique que le processus de démantèlement des grands laboratoires de recherche industrielle commence le plus tôt et que les grandes entreprises s'orientent le plus vers des acteurs extérieurs pour renforcer leurs processus d'innovation. Beaucoup de ces innovations managériales sont ensuite adoptées en Europe et au Japon. Par exemple,

le modèle marchand de l'innovation qui est souvent popularisé sous le nom d'« innovation ouverte » est de plus en plus adopté en Europe depuis une quinzaine d'années.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BLOCK Fred et KELLER Matthew, 2009, « Where Do Innovations Come From? Transformations in the United States Economy (1970-2006) », *Socio-Economic Review*, vol. 7, p. 459-483.
- BROCK David et LÉCUYER Christophe, 2012, « Digital Foundations: The Making of Silicon Gate Manufacturing Technology », *Technology and Culture*, vol. 53, p. 561-597.
- CHANDLER Alfred, 1988, *La Main visible des managers*, Paris, Economica.
- CHESBROUGH Henry, 2003, *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston (MA), Harvard Business School Press.
- GERTNER Jon, 2012, *The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Innovation*, New York, Penguin Press.
- HART David, 1998, *Forged Consensus: Science, Technology, and Economic Policy in the United States (1921-1953)*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- HIPPEL Eric von, 2005, *Democratizing Innovation*, Cambridge (MA), MIT Press.
- HOUNSHELL David, 1996, « The Evolution of Industrial Research in the United States », in Richard ROSENBLOOM et William SPENCER (dir.), *Engines of Innovation*, Boston (MA), Harvard Business School Press, p. 13-69.
- HOUNSHELL David et SMITH John, 1988, *Science and Corporate Strategy: DuPont R & D (1902-1980)*, New York, Cambridge University Press.
- HUGHES Thomas, 1989, *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm*, Chicago (IL), University of Chicago Press.
- LAMOREAUX Naomi et SOKOLOFF Kenneth, 1999, « Inventors, Firms, and the Market for Technology in the Nineteenth and Early Twentieth Centuries », in Naomi LAMOREAUX, Daniel RAFF et Peter TEMIN (dir.), *Learning by Doing in Markets, Firms, and Countries*, Chicago (IL), University of Chicago Press, p. 19-60.
- LÉCUYER Christophe, 2006, *Making Silicon Valley: Innovation and the Growth of High Tech (1930-1970)*, Cambridge (MA), MIT Press.
- LÉCUYER Christophe et BROCK David, 2010, *Makers of the Microchip: A Documentary History of Fairchild Semiconductor*, Cambridge (MA), MIT Press.
- LÉCUYER Christophe et CHOI Hyungsub, 2012, « Les secrets de la Silicon Valley ou les entreprises américaines de microélectronique face à l'incertitude technique », *La Revue d'histoire moderne et contemporaine*, vol. 59, n° 3, p. 48-69.
- LESLIE Stuart, 1992, *The Cold War and American Science: The Military-Industrial-Academic Complex at MIT and Stanford*, New York, Columbia University Press.
- MORTON Jack, 1971, *Organizing for Innovation: A Systems Approach to Technical Management*, New York, McGraw-Hill.
- MOWERY David, 2009, « Plus ça change: Industrial R & D in the "Third Industrial Revolution" », *Industrial and Corporate Change*, vol. 18, p. 1-50.
- NOBLE David, 1977, *America by Design: Science, Technology and the Rise of Corporate Capitalism*, New York, Knopf.
- REICH Leonard, 1985, *The Making of American Industrial Research: Science and Business at GE and Bell (1876-1926)*, New York, Cambridge University Press.



SOUVENIR PHOTO
US President Cleveland

21 Chine : la fabrication d'une superpuissance technoscientifique

CONG CAO

Au Moyen Âge, la Chine est une des régions du monde les plus avancées sur le plan technologique et économique. Mais elle se satisfait du *statu quo* et reste isolée du reste du monde, en particulier de l'Europe de la Renaissance, où une vision systémique et structurelle de la nature se développe et s'épanouit. Armé de l'esprit capitaliste, l'Occident non seulement dépasse la Chine sur le plan économique, mais est également le théâtre de l'émergence de la science et de la technologie modernes. La série de défaites militaires de la Chine après 1840 marque le début d'une période sombre pour ce pays autrefois puissant.

En 1911, la révolution met fin à des milliers d'années de pouvoir féodal en Chine et, en 1919, le mouvement du 4 Mai défend le développement de la science et la démocratie, considérés comme les deux facteurs essentiels du succès de l'Occident. Le régime nationaliste établit les bases institutionnelles nécessaires au développement de la science et de la technologie, et forme une génération de scientifiques et de professionnels pouvant servir le régime. Ceux-ci seront mobilisés par son successeur, la République populaire de Chine. Pour dynamiser son rêve de redevenir une grande puissance, l'État chinois place la science et la technologie au cœur de ses priorités. Malgré des progrès impressionnants, notamment dans les programmes d'armement stratégique et dans quelques domaines de recherche fondamentale, l'entreprise scientifique chinoise se voit cependant contrariée dans ses avancées par les coups d'arrêt répétés provoqués par les politiques radicales menées dans le pays, les scientifiques étant soumis à des conditions de vie tumultueuses, régulièrement cibles d'attaques.

Après 1978, la Chine connaît une période beaucoup plus stable, pendant

◀ 100 étudiants chinois de retour avec leurs familles de leur formation aux États-Unis à bord du *SS President Cleveland*, septembre 1950.

laquelle la recherche scientifique n'est plus menacée par les chocs et déboires des trente premières années du régime communiste. La Chine ouvre alors un nouveau chapitre de sa tumultueuse histoire.

Premiers contacts

Les premiers contacts de la Chine avec la science et la technologie modernes furent fortuits. Dès le xvi^e siècle, conséquence indirecte de leurs entreprises d'évangélisation, les missionnaires étrangers introduisent les sciences en Chine, notamment les mathématiques et l'astronomie, avec la traduction en chinois de certains ouvrages scientifiques majeurs de l'époque¹. Par exemple, en 1607, le prêtre jésuite italien Matteo Ricci traduit les six premiers volumes des *Éléments de géométrie* d'Euclide avec l'aide du savant chinois Xu Guangqi.

Mais c'est la défaite de la Chine lors de la guerre de l'Opium en 1840 qui oblige la cour des Qing à s'ouvrir à la science. Par la suite, certains attribuent de manière un peu hâtive l'échec des Qing au manque de moyens militaires et technologiques². Dans le but d'empêcher l'effondrement total de la dynastie Qing, des officiels et savants libéraux voulant s'adapter entreprennent alors des efforts d'occidentalisation. Ils achètent des équipements et des armes à l'Ouest, créent des usines modernes, invitent des experts étrangers, fondent des écoles d'un nouveau style et traduisent davantage d'ouvrages scientifiques.

À cette époque également, des étudiants, dont certains sont à peine âgés de neuf ans, sont envoyés aux États-Unis, au Japon et en Europe pour être immergés dans les idées occidentales, dans l'espoir qu'ils puissent à leur retour moderniser la Chine et assurer sa prospérité³. Par la suite, certains d'entre eux en viennent effectivement à constituer l'élite du pays dans divers domaines et à jouer un rôle dans la société chinoise. Ils prennent également part au mouvement du 4 mai 1919, en défenseurs actifs de la « science » et de la « démocratie ».

Un certain nombre de Chinois ont également reçu une éducation scientifique et une formation d'ingénieur grâce aux bourses d'indemnités des Boxers, financées par les réparations de guerre payées par la Chine

1. Les missions étrangères ont également joué un rôle majeur dans l'enseignement supérieur chinois au cours de la seconde moitié du xix^e siècle et la première moitié du xx^e.

2. En réalité, il est difficile de maintenir cette analyse concernant un empire dont l'économie représentait un tiers de l'économie mondiale dans les années 1820. La cause est plutôt à rechercher dans la corruption d'un système politique qui ne pouvait pas s'adapter au développement rapide du capitalisme. Cf. Zhu 2008.

3. Leibovitz et Miller 2011, Wang 1966, Ye 2001.

après la signature du protocole des Boxers¹. À la fin de leurs études, ils reviennent avec l'objectif d'introduire les sciences modernes en Chine, espérant sauver le pays au moyen du savoir scientifique. C'est grâce à leurs efforts que les premières organisations scientifiques, institutions de recherche indépendantes et universités modernes voient le jour sur le sol chinois.

Construction institutionnelle

La Société des sciences de Chine, fondée en 1914 par des étudiants chinois en sciences naturelles à l'université Cornell aux États-Unis, est parmi les plus influentes pour la diffusion de la science moderne. Ses membres estiment nécessaire de suivre un modèle étranger pour organiser les activités scientifiques. La Société des sciences imite ainsi la Société américaine pour l'avancement des sciences (American Association for the Advancement of Science, AAAS). Son nom entier, la « Société chinoise pour l'avancement des sciences », est d'ailleurs calqué sur celui de l'institution états-unienne, tout comme sa revue est nommée d'après la revue de l'AAAS. À leur retour en Chine, les membres de la société multiplient les efforts pour défendre l'importance des sciences, persuader le gouvernement et les citoyens de s'intéresser à la recherche scientifique et de la soutenir, et organiser la recherche scientifique elle-même².

Le Service géologique fondé en 1916 est le premier institut de recherche scientifique de la Chine moderne³. En 1922, la Société des sciences crée le Service biologique de Nankin. Des hommes d'affaires investissent également dans les organismes de recherche. L'Institut d'ingénierie chimique de la mer Jaune est ainsi fondé par Fan Xudong de la société de sel raffiné Jiuda⁴.

Les sciences modernes s'institutionnalisent avec la création d'universités. Après les années 1920, un grand nombre de Chinois titulaires de doctorats d'universités occidentales en mathématiques, en physique et dans les disciplines des sciences de l'ingénieur reviennent en Chine. Grâce à leur engagement, et grâce au soutien de la société, l'enseignement de premier cycle en Chine atteint rapidement les niveaux internationaux

1. Hunt 1972. – Les indemnités du protocole des Boxers reçues par le gouvernement états-unien furent également utilisées pour fonder l'école Tsinghua. Créée à l'origine en tant qu'école préparatoire pour les étudiants qui devaient aller aux États-Unis, elle est devenue une institution connue aujourd'hui sous le nom d'université Tsinghua.

2. Buck 1980 (p. 91-98), Wang 2002, Ye 2001.

3. Furth 1970 (p. 34-65).

4. Yao *et al.* 1994 (p. 5).

et l'enseignement supérieur prend son envol. Dans certaines universités nationales comme Tsinghua et Pékin, des scientifiques font de la recherche, établissant ainsi les universités chinoises comme des lieux importants non seulement pour former du personnel scientifique, mais aussi pour conduire des recherches¹.

L'invasion japonaise de la Chine oblige l'université Tsinghua et les universités de Pékin et de Nankai à quitter respectivement Pékin (aujourd'hui Beijing) et Tianjin pour se replier sur Kunming, dans la province du Yunnan, où elles s'associent au sein de l'université du Sud-Ouest. Malgré sa courte histoire (d'avril 1938 à mai 1946) et les difficultés extrêmes liées à la guerre, cette université joue un rôle important².

La fondation d'une académie centrale est mise à l'ordre du jour peu de temps après le choix de Nankin comme capitale par le gouvernement nationaliste en 1927. L'Academia sinica est fondée un an plus tard avec Cai Yuanpei comme premier président. Enseignant ayant suivi à la fois une formation en confucianisme et en science occidentale, Cai est président de l'université de Pékin où il met en œuvre une vision d'inspiration germanique de l'administration universitaire, ainsi que l'autonomie (ou « règle professorale ») et la liberté académique. Il introduit la même idée lors de la création de l'Academia sinica, qui occupe ensuite une place importante dans le paysage de la science chinoise de l'époque nationaliste³.

En 1929 est fondée une autre grande institution de recherche, l'Académie de Pékin. La création de ces deux académies (l'Academia sinica au sud, qui regroupe principalement des scientifiques ayant étudié aux États-Unis, et l'Académie de Pékin au nord, qui réunit des savants de retour d'Europe) marque les débuts du système indépendant de recherche scientifique en Chine. Ce système influence également le développement de la recherche et de l'éducation, ces deux académies ayant servi de fondations pour l'Académie chinoise des sciences (ACS).

L'influence soviétique

Le développement des sciences et des technologies des débuts de la République populaire de Chine fondée en 1949 est très fortement marqué par l'Union soviétique. L'ACS adopte un fonctionnement à la soviétique, calqué sur celui de l'Académie soviétique des sciences pour ce qui est de

1. Hayhoe 1996 (p. 29-71).

2. Israel 1998.

3. Gao 1996 [1982] (p. 410-414).

l'administration de la recherche, du rôle du Parti communiste au sein de l'institution et de la mise en place d'un système d'adhésion par divisions académiques. La Chine suit également le modèle de l'Union soviétique pour la mise en place d'instituts et de laboratoires de recherche spécialisés dans les ministères.

Également sur les conseils des Soviétiques, le gouvernement chinois réorganise son système universitaire en 1952, fusionnant les départements entre universités et facultés¹. Ainsi, les facultés d'arts, de droit et de sciences naturelles de l'université Tsinghua sont intégrées à l'université de Pékin, tandis que Tsinghua absorbe les départements d'ingénierie des universités de Pékin et de Yenching, pour devenir une école polytechnique. Des facultés spécialisées dans des domaines comme l'ingénierie, les sciences médicales et l'agriculture, sont constituées par transfert des enseignants et des étudiants depuis d'autres institutions. Par exemple, la faculté d'agriculture de Pékin est construite sur la faculté d'agriculture de Tsinghua. En conséquence, les universités commencent à se concentrer sur des enseignements spécialisés plutôt que sur des enseignements interdisciplinaires, tandis que leur activité de recherche est progressivement transférée soit vers l'ACS, soit vers des instituts de recherche ministériels qui font exclusivement de la recherche, ce qui sépare d'autant plus recherche et éducation. La réorganisation des spécialités entraîne également une rupture du lien entre recherche fondamentale, recherche appliquée et développement, ce qui a à son tour un impact sur la formation du personnel scientifique à long terme. De plus, pour un grand nombre d'enseignants et de scientifiques de la période antérieure à 1949, la réorganisation ne se limite pas à un simple changement institutionnel. S'ils disposent encore au cours des premières années du pouvoir communiste d'une relative liberté académique *via* l'exercice de l'autonomie dans l'enseignement et la recherche et le maintien de leur autorité en tant que professeurs, ils perdent le confort institutionnel dans lequel ils poursuivaient leurs propres intérêts académiques.

Autre marque de fabrique soviétique, la planification a également eu une grande influence en Chine. Comme le développement économique et social, la science est planifiée et les scientifiques chinois mobilisés pour élaborer des plans avant de les mettre en œuvre. Le premier du genre est le plan sur douze ans (1956-1967) pour la science et la technologie, dont l'objectif est de suivre le développement rapide de la science et de la technologie au niveau mondial, ainsi qu'un développement ciblé

1. Hayhoe 1996 (p. 77). – Dans le cadre de la réorganisation, toutes les universités missionnaires ont également été fermées et intégrées dans des institutions nationales.

L'Académie chinoise des sciences (ACS)

L'Académie chinoise des sciences a été créée le 1^{er} novembre 1949, exactement un mois après la fondation de la République populaire de Chine, sur les bases de l'Academia sinica et de l'Académie de Pékin, deux académies nationales issues du précédent régime nationaliste. Elle faisait initialement partie du gouvernement, et était chargée de diriger les initiatives scientifiques de la nation, en plus d'effectuer elle-même de la recherche. Elle a ensuite évolué pour devenir une institution purement universitaire. L'ACS a joué un rôle majeur dans les programmes d'armement stratégique de la Chine, et un grand nombre de ses instituts de recherche ont été créés au service de ces programmes avant d'être intégrés plus tard dans la structure de recherche de la défense nationale.

Comme dans les autres institutions d'enseignement chinoises, les activités de recherche se sont interrompues à l'ACS au moment de la Révolution culturelle. L'académie a dû reconstruire par la suite son expertise dans de nombreuses disciplines scientifiques, ainsi que ses instituts de recherche. Mais ces efforts ont connu une nouvelle interruption avec la réforme du système de gestion des sciences et technologies au milieu des années 1980, lorsque l'ACS a mis en œuvre la politique « Une académie, deux systèmes », en concentrant l'essentiel de ses efforts sur la recherche qui bénéficie directement à l'économie chinoise, pour susciter la création d'entreprises répondant aux besoins du marché, tout en poursuivant son travail de recherche fondamentale. Il s'agissait là d'une évolution significative par rapport à la tradition d'institution purement universitaire de l'académie.

À partir de 1998, l'Académie a lancé le programme « Innovation par la connaissance », avec l'objectif d'en faire le centre d'innovation par la connaissance de la nation dans le domaine des sciences naturelles et des hautes technologies, ainsi qu'une base pour une recherche scientifique pointue, de classe mondiale, permettant l'émergence de talents scientifiques de premier plan et le développement des industries high-tech (Suttmeier, Cao et Simon 2006).

L'ACS est aujourd'hui l'institution de recherche qui domine la hiérarchie scientifique en Chine continentale. Son siège se trouve à Pékin. Elle comprend 12 branches et 100 instituts de recherche où travaillent plus de 50 000 chercheurs répartis dans le pays. Elle assume également un rôle de direction académique dans la définition et la mise en œuvre de la politique scientifique, ainsi que dans la conduite des activités savantes pour la nation entière. Pour cela, des sections académiques (mathématiques et physique, chimie, sciences de la vie et médecine, sciences de la terre, sciences informatiques et sciences technologiques) ont été créées, regroupant des chercheurs de l'ACS ainsi que d'éminents scientifiques provenant de tout le pays. Prises ensemble, ces sections, même si elles sont affiliées à l'ACS d'un point de vue institutionnel, ressemblent désormais à une société honorifique, dont les membres sont issus de l'élite scientifique, à l'image de ceux de la Royal Society britannique ou de l'Académie nationale des sciences des États-Unis (Cao 2004).

dans des disciplines importantes. Il inclut notamment 57 programmes articulés autour de 12 priorités, dont 5 sont considérées comme urgentes (énergie atomique, électronique, moteurs à réaction, automatisation et extraction des minerais rares). Clairement, le principe de « développement disciplinaire par missions » du plan sur douze ans a pour objectif politique principal le développement de programmes d'armement stratégique, rendu possible grâce à l'expertise dans les disciplines académiques.

Pour mettre en œuvre le plan sur douze ans, le Parti communiste chinois (PCC) adopte une approche guerrière. Il utilise sa puissance politique pour mobiliser les institutions et les scientifiques, qu'il force à coopérer. En conséquence, le plan est réalisé en sept ans avec l'explosion de la première bombe atomique chinoise le 16 octobre 1964. Cet événement, tout comme le succès du programme d'armement stratégique de la Chine, constitue une réalisation remarquable au regard des difficultés et des retards pris dans la réalisation de certains programmes à cause de la campagne antidroitiste, du chaos provoqué par le Grand Bond en avant et du retrait de l'aide soviétique à la fin des années 1950 et au début des années 1960. Le plan sur douze ans devient alors le modèle à suivre pour la planification ultérieure, et est invoqué lors de l'élaboration du dernier Plan pour le développement des sciences et des technologies à moyen et long terme (2006-2020).

L'ingérence politique

Politique et science s'entremêlent en Chine comme ailleurs. Au cours de ses dix-sept premières années, le pays est le théâtre d'une succession de campagnes politiques, parmi lesquelles la campagne antidroitiste et la Révolution culturelle sont les plus préjudiciables pour la communauté scientifique.

Au milieu des années 1950, pour rallier les intellectuels et les mobiliser dans le soutien au régime, et pour les faire contribuer à la construction du socialisme et au plan sur douze ans, le PCC s'efforce d'améliorer significativement les moyens de la recherche. Il admet également certains grands intellectuels influents dans ses rangs, devenant pour un temps plus réceptif à l'idée de liberté intellectuelle. Dans le même temps, à diverses occasions, particulièrement par la voix de son leader Mao Tsé-toung, le Parti vante une politique dans laquelle « les fleurs s'épanouissent et les écoles rivalisent », pour impliquer davantage les scientifiques, les artistes et autres intellectuels afin qu'émerge, directement ou indirectement, un

flot d'idées nouvelles¹. La direction du Parti lance même une campagne de rectification, appelant les intellectuels à l'aider à éliminer le bureaucratisme, le factionnalisme et le subjectivisme².

Au début, les intellectuels chinois hésitent, craignant le piège politique. Mais ils ne peuvent faire autrement que de répondre aux demandes répétées du Parti. Ils expriment alors des revendications concernant leur mauvais environnement de travail, et pour plus de démocratie dans les instances dirigeantes de la communauté intellectuelle. Craignant que le développement de la contestation ne remette en cause son autorité, le Parti réplique de manière féroce en accusant de « droitisme » environ 500 000 intellectuels, dont des étudiants d'université, qui furent humiliés, victimes de purges, violemment attaqués, privés de leur emploi et envoyés dans les campagnes ou les zones frontalières dans le cadre de la « réforme par le travail ».

Quatre années de campagne antidroitiste aboutissent non seulement à une nouvelle extension du contrôle exercé par le pouvoir communiste, mais aussi à des tensions entre le Parti et les intellectuels. Même ceux qui sont considérés comme des scientifiques non « droitistes » sont critiqués pour avoir poursuivi des sujets de recherche étroits et spécialisés, parce qu'ils sont trop préoccupés par les théories et les publications, et parce qu'ils travaillent surtout sur des questions issues de la science internationale plutôt que sur des problèmes propres à la Chine. En plus d'attaquer les intellectuels, le Parti prend également des initiatives incitant les travailleurs et les paysans à occuper les universités et les instituts de recherche et forçant les experts à réorienter leur recherche vers la poursuite d'objectifs politiques ou pratiques.

La campagne antidroitiste crée également une atmosphère politique qui favorise les campagnes massives de mesures « gauchistes » ou radicales. La plus connue est le Grand Bond en avant qui, au nom de la modernisation de la production agricole et industrielle chinoise, est particulièrement dommageable pour l'économie nationale. Ces campagnes aboutissent *in fine* à la Révolution culturelle en 1966.

La Révolution culturelle : des dégâts définitifs

La Révolution culturelle est déclenchée par Mao Tsé-toung dans le but de régagner le pouvoir qu'il estime avoir perdu au détriment de rivaux au

1. Bowie et Fairbank 1962 (p. 6).

2. Yao *et al.* 1994 (p. 86).

sein du Parti – désignés comme les « éléments au pouvoir qui suivent la voie capitaliste ». Elle s'attaque également aux « autorités académiques bourgeoises et réactionnaires », à savoir les intellectuels haut placés accusés d'avoir encouragé les partisans de la voie capitaliste. Les événements liés à la Révolution culturelle traumatisent profondément la Chine, mais laisse aussi des traces sur le système de recherche et d'éducation.

De nombreux intellectuels sont critiqués par voie d'affiches en gros caractères placardées sur les murs, humiliés lors de rassemblements publics et soumis à des interrogatoires par des militants radicaux. Les professeurs d'université sont accusés d'« empoisonner les étudiants » avec leur enseignement. Ceux qui étudient à l'étranger sont considérés comme des « espions » américains ou soviétiques. Leurs maisons sont fouillées et leurs propriétés confisquées. Ils sont victimes d'exactions et torturés physiquement et psychologiquement. Un grand nombre d'entre eux sont interdits d'enseignement et de recherche et certains perdent même la vie du fait des persécutions subies. Cela donne aussi un sévère coup d'arrêt aux activités de recherche, y compris dans les programmes de développement d'armes stratégiques.

Après avoir été critiqués et dénoncés en public, un grand nombre d'intellectuels sont envoyés à la campagne ou dans des usines où ils endurent des souffrances physiques et mentales. Pendant ce temps, les militants radicaux placent des travailleurs non qualifiés, des paysans et des soldats dans les institutions d'éducation, promouvant la participation des masses pour contrer l'orientation élitiste de la science chinoise.

En s'attaquant à l'intellectualisme, la Révolution culturelle transforme également le système éducatif chinois. Dénoncée comme un système favorisant l'émergence des idées révisionnistes, l'éducation supérieure « formelle » est supprimée en 1966. Les étudiants de l'enseignement supérieur sont contraints d'arrêter leurs études pour être rééduqués dans des usines, à la campagne ou dans des camps militaires. Lorsque les universités rouvrent leurs portes en 1973 – les études supérieures ne reprennent cependant pas avant 1978 –, les politiques radicales sont encore en vigueur. Le cursus d'études standard est raccourci à trois ans à l'Université, venant en sus d'une réduction de six à quatre ans de la durée de la scolarité au collège et au lycée. Les étudiants admis à l'Université sont des travailleurs, des paysans et des soldats qui ont une expérience pratique. La plupart de ces « étudiants travailleurs-paysans-soldats » arrivent dans les universités mal préparés, contraints de consacrer un temps considérable à l'acquisition de savoirs élémentaires.

D'autre part, les enseignements sont devenus moins professionnels et plus orientés vers la production. Les professeurs et les enseignants font

fréquemment de longues visites dans les usines et les communes pour étudier et résoudre les problèmes pratiques, et la recherche s'oriente vers l'application. Les conditions et les dispositifs ainsi créés ne produisent pas une atmosphère propice à la formation de la génération suivante. Selon les estimations, la Chine a perdu au moins 1 million d'étudiants de premier cycle et 100 000 étudiants de second cycle pendant la Révolution culturelle¹, ce qui se ressent encore aujourd'hui, quarante ans plus tard, en termes de capital humain.

Réforme et ouverture : la renaissance d'une puissance scientifique et technique

La Chine entre dans une nouvelle ère après la Révolution culturelle. Sur le front des sciences et des technologies, le gouvernement fait immédiatement d'énormes efforts pour restaurer le système de recherche et d'éducation afin de combler le retard par rapport aux pays avancés où s'annonce une nouvelle révolution technologique. Les universités recommencent à admettre les élèves issus du lycée. En réhabilitant les membres de la communauté intellectuelle et en les rappelant aux postes qu'ils occupaient auparavant, le pouvoir communiste essaie de les rallier à l'élan modernisateur du pays. Sensibles à leur affirmation professionnelle comme aux mots d'ordre patriotiques de l'essor national, les scientifiques répondent positivement à l'appel.

Les sciences et l'éducation montent alors en tête des priorités du pouvoir politique. En 1995, le « redressement de la nation par les sciences, les technologies et l'éducation » devient la nouvelle stratégie de développement, suivie d'une accentuation du travail autour de la question des talents, avec une politique de « renforcement de la nation en cultivant les talents ». Les scientifiques se voient accorder davantage de liberté et d'autonomie dans leur domaine de compétence professionnelle – pour autant qu'ils consacrent leur énergie à leur travail et non à la contestation politique du régime.

Ces initiatives aboutissent progressivement, au début 2006, à l'élaboration d'un nouveau Plan pour le développement des sciences et des technologies à moyen et long terme (2006-2020) (MLP)². En garantissant une croissance soutenue des ressources financières et humaines, l'objectif est de faire de la Chine une nation tournée vers l'innovation à l'horizon 2020.

1. Qu 1993 (p. 648).

2. Cao, Simon et Suttmeier 2006 et 2009.

Le MLP a comme principal objectif le développement de la capacité d'innovation nationale au service d'une économie de haute croissance et d'une société riche et harmonieuse. Les sciences sont appelées à doper l'innovation et mobilisées pour rendre durable un modèle de développement économique actuellement non soutenable du fait d'un surinvestissement, d'une dépendance excessive vis-à-vis des exportations, d'une utilisation inefficace des ressources et d'une destruction de l'environnement.

Le gouvernement restructure sa politique technoscientifique au milieu des années 1980 pour la rendre plus réactive aux besoins de l'économie. Depuis 1995, les dépenses de la Chine en recherche et développement (R & D) augmentent à un rythme presque deux fois supérieur à celui de la croissance économique globale. En 2011, la Chine a dépensé 861 milliards de yuans (137 milliards de dollars) en R & D, soit 1,83 % de son produit intérieur brut (PIB), ce qui place la Chine en deuxième position dans le monde après les États-Unis. Les établissements d'enseignement supérieur chinois forment un nombre croissant de diplômés de bon niveau en sciences et technologies. En 2011, 430 000 étudiants ont obtenu un diplôme de master ou un doctorat, en plus des 6,82 millions d'étudiants de premier cycle, ce qui constitue la première force de travail diplômée du monde.

La communauté scientifique et technologique chinoise a également connu une croissance régulière. En prenant comme base le nombre d'articles inclus dans le *Science Citation Index (SCI)*, la base de données bibliométrique publiée par Thomson Reuters en 2011, la Chine se situe au troisième rang dans le monde, derrière les États-Unis et le Royaume-Uni. En 2007, la Chine passe devant les États-Unis en tant que pays le plus contributeur en articles au répertoire de l'*Engineering Index (EI)*. Même si le pays a encore du retard par rapport aux leaders mondiaux dans de nombreux domaines scientifiques et technologiques, des réalisations importantes sont enregistrées dans un certain nombre de domaines émergents tels que la génomique et les nanotechnologies¹.

La Chine connaît une croissance importante du nombre de brevets enregistrés dans le cadre du Traité international de coopération en matière de brevets (PCT). En 2011, les inventeurs chinois ont déposé 16 000 brevets, ce qui place le pays au quatrième rang dans le monde, après les États-Unis, le Japon et l'Allemagne. Cette année-là, ZTE Communications, géant chinois de matériel de télécommunications, prend la première place mondiale des dépôts de brevet des entreprises avec 2 826 brevets

1. Voir par exemple Zhou et Leydesdorff 2006.

Plan pour le développement des sciences

En janvier 2006, le Conseil des affaires de l'État de Chine a adopté un Plan pour le développement des sciences et des technologies (2006-2020) (MLP) sur quinze ans. Définissant divers objectifs chiffrés et appelant la Chine à devenir une « nation tournée vers l'innovation » d'ici 2020, et un leader mondial en sciences et technologies à l'horizon 2050, le plan engage la Chine sur la voie du développement d'une capacité d'innovation indigène, pour la faire progresser radicalement vers des positions de leader dans les nouvelles industries basées sur les sciences d'ici à la fin de la période du plan (Cao, Suttmeier et Simon 2006 et 2009).

D'un point de vue stratégique, le MLP peut être considéré comme répondant à quatre problèmes essentiels liés au développement scientifique et technologique en particulier en Chine (Cao, Suttmeier et Simon 2006 et 2009). En premier lieu, avec sa stratégie de « marché pour la technologie » visant à persuader les entreprises multinationales à investir et transférer des technologies en échange d'opportunités commerciales, la Chine est devenue l'usine du monde, ce qui a entraîné l'impressionnante croissance de ses exportations en produits de haute technologie. Cependant, cette politique a peut-être atteint ses limites avec l'augmentation des coûts en Chine et la mise en place de mesures protectionnistes dans les pays qui ont perdu des emplois suite aux délocalisations.

Deuxièmement, il se peut que les régimes internationaux des droits de propriété intellectuelle (DPI) et les standards techniques globaux ne servent pas les intérêts de la Chine, de sorte qu'elle pourrait se retrouver sous une pression croissante et contraignante de la part des leaders mondiaux dans le domaine de l'innovation, qui contrôlent l'architecture des systèmes technologiques mondiaux. Ainsi, l'économie industrielle chinoise du *xxi*^e siècle devrait développer ses propres standards, et devrait également produire et mettre en œuvre ses propres DPI.

Troisièmement, les capacités technologiques chinoises ne permettent pas de répondre aux besoins sociaux du pays dans d'importants domaines comme l'énergie, l'eau et l'utilisation des ressources de manière générale, ainsi que la protection de l'environnement et la santé publique.

Enfin, les défis technologiques liés aux besoins de défense du pays sont au cœur des objectifs formulés dans le MLP. Malgré les réalisations de la Chine dans le

internationaux, tandis qu'une autre entreprise du secteur, Huawei, se classe troisième¹.

L'économie chinoise a beaucoup profité des transferts de technologies et des investissements de l'étranger. Récemment, un grand nombre d'entreprises parmi les plus innovantes dans le monde, dont des sociétés figurant dans le classement *Fortune 500*, installent des centres de R & D en

1. World Intellectual Property Organization 2012.

et des technologies à moyen et long terme (2006-2020)

domaine de l'armement stratégique, ses capacités globales d'innovation technologique en matière de défense n'ont jusqu'à récemment pas été extraordinaires. Le pays manque encore d'une culture technologique civile forte, qui pourrait servir de base pour répondre aux besoins importants du domaine militaire.

Le MLP commence par définir un ensemble de lignes directrices et de principes généraux issus des objectifs qui sont de faire des sciences et des technologies les moteurs du développement économique futur, permettant à la Chine de progresser de manière radicale vers des positions de leadership dans les industries émergentes basées sur la science, et de développer ses capacités en matière d'innovation indigène.

La deuxième partie du plan identifie des domaines et des programmes prioritaires, dont 11 grands « domaines clés » relatifs aux besoins nationaux et 8 domaines de « technologie frontière ». Au sein de ces domaines, le plan identifie une série de projets prioritaires, et en particulier 16 « mégaprogrammes » d'ingénierie et 4 « mégaprogrammes » scientifiques (deux ont été ajoutés par la suite).

La troisième section porte sur les réformes en cours des systèmes de recherche et d'innovation et l'avancement du développement du système d'innovation national. Elle souligne des objectifs importants relatifs à la réforme continue d'un grand nombre d'instituts de recherche gouvernementaux, au changement dans la politique de gestion des sciences et technologies, et à la nécessité d'encourager les entreprises chinoises à assumer un rôle de leader dans le système d'innovation du pays, avec des politiques de promotion de la recherche industrielle dans les entreprises et le soutien aux petites et moyennes entreprises.

Les dernières sections du plan, ainsi qu'un document annexe, portent sur le cadre politique de la mise en œuvre du plan, incluant des incitations fiscales, des politiques de zones dédiées aux industries de haute technologie, l'assimilation des technologies étrangères et le renforcement de la protection des DPI pour les innovateurs chinois. Les politiques menées dans le domaine du développement des ressources humaines pour les sciences et les technologies incluent des mesures pour faire émerger des experts expérimentés de niveau mondial, l'élargissement du rôle des scientifiques et des ingénieurs dans l'industrie, le recrutement de talents à l'étranger et la réforme du système éducatif pour répondre aux objectifs en matière de créativité et d'innovation.

Chine pour développer de nouveaux produits et services pour le marché mondial, ainsi que pour le marché intérieur chinois.

Pour résumer, la Chine, considérée un temps comme l'un des pays en développement les plus en retard, est devenue l'une des puissances économiques et technologiques les plus solides du monde. Le scénario envisagé il y a quatre-vingt-dix ans par le philosophe britannique Bertrand Russell semble être en passe de se réaliser :

[...] si les Chinois pouvaient se doter d'un gouvernement stable et de financements suffisants, ils pourraient commencer à produire des travaux remarquables dans le domaine des sciences au cours des trente prochaines années. Il est fort probable qu'ils nous dépasseront, parce qu'ils arrivent avec une grande fraîcheur et toute la dynamique liée à une renaissance¹.

Les défis à relever restent nombreux

Malgré les progrès remarquables mentionnés ci-dessus, la Chine doit encore relever de nombreux défis difficiles pour devenir la « nation tournée vers l'innovation » qu'elle ambitionne d'être².

Premièrement, la recherche privée reste faible ou routinière. Si les statistiques globales indiquent que trois quarts des dépenses en R & D en Chine sont maintenant à mettre au compte d'entreprises³, ces dernières n'ont en réalité que peu contribué financièrement à des initiatives de R & D innovantes. Les entreprises comme Huawei et ZTE constituent des exceptions et non la norme. En outre, l'innovation ne se résume pas à la R & D. Elle nécessite le développement d'une culture de la créativité qui récompense les idées nouvelles et originales, ainsi que l'esprit d'entreprise. À la recherche d'intérêts rapides et à court terme, les entreprises chinoises ont tendance à importer des technologies et des équipements de l'étranger pour mettre à niveau leurs technologies de production. C'est alors l'équipement qui prime par rapport aux logiciels, sous forme de brevets, de savoir-faire, de modèles, etc. De manière générale, les entreprises chinoises consacrent plus d'argent à l'importation de technologies qu'à la R & D. Or l'importation d'un équipement limite les ressources financières qui sont disponibles pour l'absorption, l'assimilation et l'innovation, ce qui aboutit à un cercle vicieux « d'importation, de retard pris, de réimportation, qui provoque un nouveau retard ».

Les entreprises ne montrent par ailleurs pas un intérêt soutenu pour les institutions éducatives du pays en ce qui concerne les efforts de R & D. La réforme du système de recherche et d'enseignement supérieur engagée depuis le milieu des années 1980 a suscité un certain engouement chez les chercheurs de ces institutions mais la demande entrepreneuriale d'innovations technoscientifiques ne suit pas. Les entreprises se sont montrées réticentes à acquérir des technologies d'origine chinoise. En

1. Russell 1922 (p. 193).

2. Cao, Simon et Suttmeier 2009.

3. Ces chiffres peuvent aussi refléter une inflation des déclarations des entreprises en matière de dépenses de R & D.

d'autres termes, les problèmes profondément enracinés de la séparation entre les secteurs de la recherche et de l'économie, et entre le monde de l'entreprise et le système éducatif, n'ont pas été résolus.

Deuxièmement, dans de nombreux cas, on peut se demander si les budgets croissants de R & D tant au niveau national qu'aux niveaux territoriaux sont dépensés à bon escient. On sait qu'une partie significative de la recherche conduite en Chine, même dans les grands programmes nationaux, est dérivée de ce qui a déjà été fait autre part, ce qui constitue un gaspillage de ressources certes croissantes, mais qui restent néanmoins limitées. Les détournements de fonds destinés à la recherche sont également monnaie courante. Plus grave, la corruption dans le domaine de la recherche scientifique non seulement a aspiré une partie non marginale des fonds alloués, mais elle a terni l'image de la recherche avec la révélation des cas de fraude et de détournement d'argent dans les médias et sur Internet.

Troisièmement, même si la législation et les réglementations relatives aux droits de la propriété intellectuelle (DPI) en Chine ont pris la même inflexion que le mouvement international d'affirmation et de durcissement de ces droits, leur mise en œuvre et leur application restent problématiques. En effet, la décentralisation de la Chine a rendu l'application des DPI au niveau local plus difficile, voire impossible¹. La popularité de la culture *shanzhai* de l'imitation, même si elle résulte d'une manière de penser innovante et originale, peut avoir un effet dissuasif sur les entreprises leaders des hautes technologies dans des domaines où des DPI durs sont le moteur du *business model*. La faiblesse de la Chine en matière de protection des DPI constitue aussi une préoccupation majeure pour les entreprises étrangères. Prônant le développement de la capacité d'innovation, le MLP appelle à un renforcement de la protection des DPI, non seulement pour se mettre en conformité avec le régime international actuel des DPI, mais aussi pour préparer les entreprises chinoises à générer leurs propres DPI pour s'affirmer mondialement.

Quatrièmement, la Chine est confrontée à un véritable problème de talents². Les effets de la Révolution culturelle se font encore sentir sur le nombre et la qualité de la force de travail scientifique. Les initiatives favorisant les études à l'étranger, qui ont accompagné la politique

1. Même si un certain nombre d'entreprises chinoises ont été récemment poursuivies pour infraction aux droits de la propriété intellectuelle, cela a été essentiellement pour des affaires relativement simples de violation du copyright ou de fabrication de produits *shanzhai* – avec certaines exceptions comme Huawei, qui a été accusée de violation de brevet par Cisco Systems, le plus grand fabricant mondial d'équipements de réseau et de communication.

2. Simon et Cao 2009.

d'ouverture de la Chine, ont par ailleurs entraîné une importante « fuite des cerveaux ». Même s'il est vrai qu'il continue d'y avoir des liens fructueux entre ceux qui sont restés à l'étranger, souvent les meilleurs et les plus intelligents, et la communauté scientifique et technologique du pays, le départ de certaines personnes parmi les plus compétentes et présentant le plus de potentiel a eu un impact négatif sur les efforts de développement des capacités scientifiques, technologiques et industrielles. La majorité des diplômés chinois n'ont pas encore le niveau requis pour répondre à la demande croissante en compétences de l'économie dans son ensemble. De manière encore plus visible, alors que la population chinoise commence à vieillir, l'évolution de la composition démographique de la population active, notamment en termes d'âge et d'expérience professionnelle, a aussi un impact sur le potentiel de progrès à venir.

Enfin et surtout reste la question de savoir si la Chine peut devenir une nation tournée vers l'innovation sans s'ouvrir à des manières de penser différentes, ce qui dépasse le simple cadre philosophique. Si les chercheurs et entrepreneurs chinois sont en apparence encouragés à produire des idées innovantes et originales sans craindre l'échec, il n'en reste pas moins, de manière tout aussi importante, que les autres ingrédients nécessaires à une véritable culture de l'innovation (autonomie, libre accès aux informations et disponibilité de ces dernières, en particulier les informations dissidentes, aussi bien dans le domaine scientifique que politique) ne sont pas suffisamment cultivés ni tolérés. Pour stimuler la créativité et l'innovation¹, il s'agirait alors non simplement de transformer l'innovation en nouvelle « religion » nationale, mais surtout de donner un nouveau sens au mot d'ordre « Les fleurs s'épanouissent et les écoles rivalisent ».

En somme, si les efforts de la Chine pour devenir une nation tournée vers l'innovation peuvent certainement modifier la géopolitique et le paysage mondiaux des technosciences, il n'en reste pas moins que le pays doit assez rapidement relever de nombreux défis intérieurs pour atteindre les objectifs qu'elle s'est fixés. En particulier, le « côté logiciel » de l'équation de l'innovation doit faire l'objet d'une plus grande attention pour qu'émerge une véritable « culture de créativité » mise en œuvre et alimentée dans l'ensemble du spectre des organisations et institutions chinoises de recherche au niveau national et local.

1. Florida 2003.

Conclusion : L'innovation « à la chinoise »

Le développement des sciences pendant l'essentiel de l'histoire de la République populaire de Chine se caractérise par leur politisation, le rôle de l'État dans la recherche, les grands projets scientifiques (*big science*), la mobilisation et la concentration des ressources et l'ingérence du pouvoir politique. Cette manière chinoise de produire de la science et de l'innovation a abouti à des réalisations extraordinaires dans certains domaines, en particulier dans celui de l'ingénierie et de la technologie, qu'il s'agisse des programmes d'armement stratégique ou, plus récemment, des trains à grande vitesse.

La Chine est maintenant passée du statut d'acteur secondaire à celui de leader sur la scène économique et technologique mondiale. Mais les effets des politiques menées, notamment entre 1949 et 1978, continuent de se faire sentir dans la communauté scientifique, dont elle a sapé l'enthousiasme. Cet héritage a rendu d'autant plus saillante la nécessité de réformer le système de recherche et d'innovation en Chine. Cependant, de manière assez paradoxale, la Chine a raté le meilleur moment pour cela et la fenêtre d'opportunité est actuellement en train de se rétrécir. Pour bénéficier pleinement du potentiel de ses prouesses en matière d'innovation, la Chine doit s'attaquer aux problèmes de manque de coordination entre les différents acteurs au niveau macro, d'inadéquation des mécanismes de répartition des financements au niveau méso et d'évaluation des performances individuelles des scientifiques au niveau micro. La renaissance des sciences chinoises passe obligatoirement par la résolution de ces problèmes.

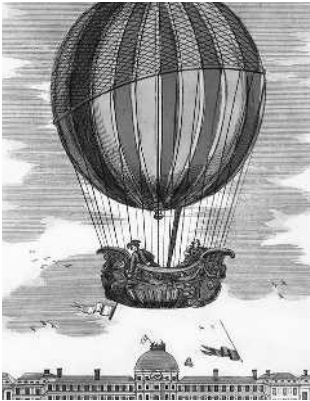
Traduit par Cyril Le Roy

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOWIE Robert R. et FAIRBANK John King (dir.), 1962, *Communist China (1955-1959): Policy Documents and Analysis*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- BUCK Peter, 1980, *American Science and Modern China (1876-1936)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CAO Cong, 2004, *China's Scientific Elite*, Londres et New York, RoutledgeCurzon.
- CAO Cong, SIMON Denis Fred et SUTTMEIER Richard P., 2009, « China's Innovation Challenge », *Innovation: Management, Policy and Practice*, vol. 11, n° 2, p. 253-259.
- CAO Cong, SUTTMEIER Richard P. et SIMON Denis Fred, 2006, « China's 15-Year Science and Technology Plan », *Physics Today*, vol. 59, n° 12, p. 38-43.
- 2009, « Success in State Directed Innovation? Perspectives on China's Plan for the Development of Science and Technology », in Govindan PARAYIL et Anthony

- P. D'COSTA (dir.), *The New Asian Innovation Dynamics: China and India in Perspective*, Londres, Palgrave Macmillan, p. 247-264.
- FLORIDA Richard, 2003, *The Rise of the Creative Class: And How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life*, New York, Basic Books.
- FURTH Charlotte, 1970, *Ting Wen-chiang: Science and China's New Culture*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- GAO Pingshu, 1996 [1982], « Cai Yuanpei's Contributions to China's Science », in Fan DAINIAN et Robert S. COHEN (dir.), *Chinese Studies in the History and Philosophy of Science and Technology*, Dordrecht, Kluwer Academic, p. 395-417.
- HAYHOE Ruth, 1996, *China's Universities (1895-1995): A Century of Cultural Conflict*, Londres et New York, Routledge.
- HUNT Michael H., 1972, « The American Remission of the Boxer Indemnity: A Reappraisal », *The Journal of Asian Studies*, vol. 31, n° 3, p. 539-559.
- ISRAEL John, 1998, *Lianda: A Chinese University in War and Revolution*, Palo Alto (CA), Stanford University Press.
- LEIBOVITZ Liel et MILLER Matthew, 2011, *Fortunate Sons: The 120 Chinese Boys Who Came to America, Went to School, and Revolutionized an Ancient Civilization*, New York et Londres, W.W. Norton.
- QU Shipai, 1993, *A Developmental History of University Education in China* (en chinois), Shanxi Education Press.
- RUSSELL Bertrand, 1922, *The Problem of China*, Londres, George Allen & Unwin.
- SIMON Denis Fred et CAO Cong, 2009, *China's Emerging Technological Edge: Assessing the Role of High-End Talent*, Cambridge et New York, Cambridge University Press.
- SUTTMEIER Richard P., CAO Cong et SIMON Denis Fred, 2006, « China's Innovation Challenge and the Remaking of the Chinese Academy of Sciences », *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, vol. 1, n° 3, p. 78-97.
- WANG Yi Chu, 1966, *Chinese Intellectuals and the West (1872-1949)*, Chapel Hill (NC), University of North Carolina Press.
- WANG Zuoyue, 2002, « Saving China through Science: The Science Society of China, Scientific Nationalism, and Civil Society in Republican China », *Osiris*, vol. 17, p. 291-322.
- WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO), 2012, « International Patent Filings Set New Record in 2011 », Genève, WIPO, < http://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2012/article_0001.html > (consulté le 22 juillet 2012).
- YAO Shuping, WEI Luo, LI Peishan et ZHANG Wei, 1994, « A Developmental History of the Chinese Academy of Sciences » (en chinois), in QIAN Linzhao et GU Yu (dir.), *The Chinese Academy of Sciences* (en chinois), 3 vol., Beijing, Contemporary China Press, vol. 1, p. 1-230.
- YE Weili, 2001, *Seeking Modernity in China's Name: Chinese Students in the United States (1900-1927)*, Palo Alto (CA), Stanford University Press.
- ZHOU Ping et LEYDESDORFF Loet, 2006, « The Emergence of China as a Leading Nation in Science », *Research Policy*, vol. 35, n° 1, p. 83-104.
- ZHU Weizheng, 2008, *Financial Times* (en chinois), < <http://www.ftchinese.com/story/001016455> > (consulté le 4 juin 2012).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DES TROIS TOMES



Savoirs et sciences de la Renaissance à nos jours. Une lecture de longue durée

DOMINIQUE PESTRE

Dire les régimes de savoir et de science au fil du temps

Les histoires rapportées dans ces volumes oscillent entre histoires de savoirs et histoires de sciences – c’est inévitable¹. De la Renaissance à nos jours, ces termes n’ont pas de stabilité sémantique ; « la science » (dont nous serions les porteurs ou les héritiers) ne sort pas tout armée d’une révolution conceptuelle qui aurait eu lieu au xvii^e siècle en Europe – *pace* Koyré² ; elle n’est pas non plus une « chose » qui existerait indépendamment de nos catégorisations ; et les sciences n’englobent pas, aujourd’hui, l’ensemble des savoirs pertinents, utiles ou intéressants.

Un « ancien régime des savoirs » – de la Renaissance aux Lumières

Tenter d’être fidèle à l’histoire conduit à parler d’abord d’un « ancien régime des savoirs » – parler simplement de science serait risquer l’anachronisme et manquer la spécificité de ce qui a cours. Le cœur des savoirs est alors fait des savoirs « antiquaires », pas des sciences de laboratoire³. Il n’est pas de « professionnels » à cette époque et collectionner est indissociablement pratique de savoir et jeu esthétique, réflexion et monstration d’un statut. Produire des livres est (aussi) paraphrase, copie, adaptation, commentaire sans fin des textes des autres. La propriété intellectuelle, comme la notion d’auteur, n’ont pas la forme que nous leur connaissons aujourd’hui. « Bibliothèque » ne signifie pas collection de livres imprimés

1. Lorsqu’il n’indique pas de référence, ce texte renvoie aux divers chapitres de cette *Histoire*. Je tiens à remercier Pierre-Benoît Joly, Jacques Revel et Simon Schaffer pour leurs remarques et commentaires sur la première version de ce texte. Sans eux ce texte eût été bien plus sommaire encore.

2. Koyré 1962.

3. Van Damme 2014.

mais mélange intime avec des manuscrits et des opus copiés. Et la valeur intellectuelle et marchande de ces collections est fonction des interventions scripturaires dans les livres, et du choix ainsi assemblé et manifesté¹.

Les cours princières sont des lieux majeurs de savoir – même s’il est des dénonciations par maints savants de ces civilités trop faciles et séduisantes. Elles sont adossées à des académies locales, nombreuses au xvii^e siècle, à des collections d’instruments ou de machines, à des cabinets « de curiosités ». L’ordre aristocratique fixe les modes de la conversation, la vie des salons comme la circulation des livres. Mais les cours sont concurrencées par les réseaux épistolaires (la république des lettres) qui, comme les grandes académies (la Royal Society de Londres ou l’Académie royale à Paris), redonnent, dans le second xvii^e siècle, un minimum d’entre soi et d’autonomie aux savants. Les artisans, constructeurs d’instruments, démonstrateurs, promoteurs de nouveautés – ou élites libertines ou philosophiques –, occupent, pour leur part, un espace public friand d’objets, de théories, de spectacles « scientifiques ». Pamphlets, échoppes, cafés, journaux et clubs francs-maçons fourmillent de « curiosités » et de nouveautés techniques. À la fin du xvii^e siècle, Amsterdam, plaque tournante du commerce mondial, est un entrepôt de savoirs – de cartes, de collections de *naturalia*, de jardins d’apothicaire.

Face à une historiographie qui a souvent associé « révolution scientifique » et Europe du Nord, voire protestantisme, il convient de rappeler la vivacité des terres ibériques, de Mexico, de Lisbonne – et de Rome. La puissance de l’Église donne à la ville pontificale des collections uniques ; les richesses qui y affluent font de la ville un chantier permanent attirant architectes et *ingenio*. La taille des congrégations religieuses, qui couvrent souvent la planète, fait de leurs centres romains des lieux exceptionnels de rassemblement de savoirs, de confrontation de connaissances anthropologiques, linguistiques, cartographiques, humaines.

Mais il est des évolutions, faciles à identifier. L’Université médiévale perd de sa superbe, ses savoirs et modes de travail sont contestés – elle est *contournée*. Ainsi des mathématiques mixtes, favorisées par les capitaines d’armées ou de navires, les princes et hommes d’État, et qui se donnent, au xvi^e siècle, comme essentielles pour le développement des machines de guerre, la vie industrielle et le théâtre. La géodésie, la mesure des édifices et des profondeurs marines, la détermination de l’heure, l’évaluation des poids, la levée des plans, le pointage des pièces d’artillerie, la mesure des parcours en mer sont, pour Alberti, ce qui fait leur force.

Ces manières pratiques de faire fascinent les philosophes ; ils se les

1. Delon 2007.

approprient et « réinventent » la philosophie naturelle. Vers le milieu du XVII^e siècle, cette dernière advient en philosophie expérimentale réglée par des instruments et des artifices déployés par des démonstrateurs-constructeurs. Elle vise la production de « faits », d'atomes élémentaires de savoir. Collectivement, philosophes et mathématiciens (le grand Newton lui-même) accompagnent les entrepreneurs et projecteurs d'affaires ; et ils apportent leurs crédits aux Compagnies des Indes qui se constituent aux Pays-Bas, en France, en Angleterre.

C'est toutefois l'histoire naturelle qui est peut-être le savoir le plus prisé de ce moment. Elle se pratique sur le terrain, dans les cabinets et maisons (celle d'Aldovrandi à Bologne), à travers les échanges de spécimens, dans l'invention de systèmes de classement. Elle est liée à la médecine, à la pharmacopée, à l'acclimatation des plantes, à l'agriculture, au commerce – et dit offrir, au XVIII^e siècle, des solutions au problème de la dégénérescence des peuples¹. Le voyage d'exploration, la conquête, le transfert des plantes – et donc l'espionnage et les expéditions pirates – sont son quotidien. Confrontés au flot de découvertes venues d'au-delà des mers, les Modernes passent progressivement moins par les Anciens pour lire la nature. En fin de période, le recours au microscope et au scalpel conduit aussi à la physiologie, l'étude de la nutrition, de la reproduction, de la circulation de la sève.

*Naissance des « sciences » et d'un premier complexe
« État-nation-savants » – du dernier tiers du XVIII^e siècle
au second tiers du XIX^e siècle*

Au long de cette centaine d'années, observer et comparer, puis décomposer analytiquement en éléments simples, est commun à maints mouvements de savoir – du moins à Paris où l'analyse mathématique est reine et où la chimie, après Lavoisier, devient la science de la combinaison des éléments en proportions données. Mais les tissus deviennent eux aussi les éléments de l'anatomie générale (chez Bichat) et les strates géologiques le fondement d'une histoire de la Terre. Par ailleurs, des faire s'autonomisent (pratique des essais grandeur nature dans la construction navale en Angleterre ou le génie civil en France, avec des ingénieurs comme Coulomb par exemple) et une pratique « physicienne » nouvelle se solidifie à Arcueil, autour de Berthollet et Laplace. Celle-ci est une généralisation de la forme mathématique newtonienne aux problèmes sublunaires (pensez à l'électrostatique du même Coulomb) et elle est

1. Spary 2005 [2000].

couplée à des techniques nouvelles d'observation et à une exigence de *précision*. Même s'il n'est pas une causalité simple à ces évolutions, la création des écoles des Ponts et Chaussées (en 1747) et du génie de Mézières (en 1748) ne peut être anecdotique. Y domine en effet un goût pour les choses pratiques tout autant que pour la spéculation théorique, l'instrumentation et les mesures très précises. Ainsi l'enseignement à Mézières à la fin des années 1770 repose-t-il sur la géométrie descriptive, la théorie des machines et les sciences physiques – et les expériences sur la composition de l'eau sont réalisées au laboratoire de chimie en 1783¹.

Deux aspects caractérisent ces sciences. L'un est d'ordre épistémologique : il s'agit de techniques de collecte, de classement, de comparaison et d'analyse. Ce qui est en cause est, en un mot, un ordre intellectuel. Mais le second aspect est social et moral : loin des formes esthétiques des salons et du jeu aristocratique, s'énonce un autre éthos, celui du travail, un détachement des normes de la « curiosité » et de la bienséance mondaine ou bourgeoise en faveur de la précision et du devoir. Les professeurs des hôpitaux parisiens, ceux qui enseignent au Muséum, à l'École polytechnique, ou encore les ingénieurs des corps du premier XIX^e siècle, sont « protégés » par les institutions d'État qui les emploient. Ils y vivent dans des espaces séparés du commun, exclusivement masculins (ce qui est bien sûr différent des salons et n'est pas anodin), et ils bénéficient d'une certaine latitude pour définir les règles de leur métier pourvu qu'ils restent efficaces, utiles au pays. Se déclarant comme ceux qui font et savent (des professionnels), ils s'inventent comme autonomes et récusent, plus nettement qu'avant, la pertinence des formes de savoir qui prévalent dans l'espace public, chez les « amateurs » ou les « charlatans » (c'est le sens de l'action entreprise par l'Académie contre Messmer et son magnétisme).

Ils promeuvent aussi de nouveaux discours sur « les sciences » – pensez à l'apparition du vocable de *scientist* dans le monde anglophone dans les premières décennies du XIX^e siècle – ou sur la méthode et l'ordre des savoirs scientifiques – pensez cette fois à Auguste Comte. Ils tendent maintenant à se situer dans des « disciplines » : la physique et ses sous-parties : la mécanique, l'optique, l'électricité et le magnétisme, la thermodynamique ; mais aussi la chimie, l'anatomie comparée, la géologie... Tout aussi symptomatique et essentiel : un esprit quantificateur se répand dans tous les milieux, et l'avalanche des nombres commence. Elle affecte la production des données (pour la mesure des longitudes, des données météorologiques ou sociales), leur distribution et les espoirs de maîtrise qu'on place en elles – et ce mouvement n'est évidemment pas indépendant

1. Belhoste, Picon et Sakarovitch 1990.

des idéaux de toute-puissance des individus qui prennent alors forme en termes politiques dans ces années. Elle appelle des tentatives pour définir des métriques standardisées et normer les données, et les États s'en emparent, au nom d'une meilleure gestion des populations et des ressources.

Comprendre le succès de ces pratiques demande d'élargir la focale, d'analyser le nouvel environnement auquel ces *scientists* participent – qui est d'abord celui de l'ordre libéral, au sens politique comme au sens économique¹. Ce qui le définit est l'existence d'un assemblage nouveau d'élites industrielles, scientifiques, techniques et étatiques, d'une oligarchie qui donne la priorité à des formes nationales de développement. Les nouveaux « scientifiques entrepreneurs » y jouent un grand rôle, par leur science, leurs offres techniques, leur rôle d'entrepreneurs ; mais aussi par leur place dans la vie politique, ce qui est plus net en France qu'ailleurs ; et par le fait qu'ils peuvent jouer la plupart des rôles à la fois, à l'image du baron Chaptal sous le Consulat qui est à la fois médecin, chimiste, industriel et ministre de l'Intérieur. Cette oligarchie privilégie les marchés et l'ordre administratif – qui est l'ordre des scientifiques et industriels aidés des grands commis de l'État, qui est l'ordre des comités d'experts chargés de définir règles et normes².

Les nouvelles règles de production, techniquement plus gagées, créent le besoin d'un environnement législatif et financier plus stable – mais jamais pleinement satisfait. Du fait de l'ampleur des investissements que demandent les nouvelles manières de produire, les entrepreneurs exigent visibilité à long terme et garantie contre les aléas³. D'où l'importance d'un droit positif qu'il faut écrire. D'où la définition, en France et aux États-Unis, au début des années 1790, d'un droit des brevets très neuf, individualisant, et qui fait du créateur individuel le propriétaire plein et entier de ses idées données comme sans racine ni antécédent⁴. D'où la création de zones de marché plus homogènes et isotropes (l'espace national construit par la loi et l'administration), la définition d'un nouvel ordre des produits (il faut définir ce qui fait *la* soude par-delà les soudes d'Espagne ou de Rouen, définition que la science fournit). Cette logique de production doit aussi être protégée des interférences politiques et des mouvements de l'espace public. Les penseurs économistes inventent ainsi l'univers économique autonome qui suit ses logiques propres, optimales si on les laisse à elles-mêmes.

1. Graber 2009.

2. Fressoz 2012.

3. Fressoz et Pestre 2013.

4. Biagioli 2006.

Épanouissement d'un complexe « technoscience, industrie, militaire », des années 1870 aux années 1970

Proposer une vision temporelle large, comme nous le tentons dans cette conclusion, ne peut se faire indépendamment de la prise en compte des espaces : la géographie qui est privilégiée détermine la chronologie (la focale sur la France dans la section précédente induit ainsi nettement la périodisation). Proposer une vision de longue durée ne peut se faire non plus sans quelque arbitraire, sans le choix de principes organisateurs – et je souhaiterais maintenant tester l'hypothèse que le siècle qui va des années 1870 aux années 1970 a suffisamment de cohérence pour être pris d'un bloc¹. Ce moment voit d'abord une transformation de l'image publique des sciences. Les grandes Expositions internationales qui commencent lors du second *xix*^e siècle glorifient l'entreprise techno-industrielle. En Europe et aux États-Unis, celle-ci est globalement acceptée : les luddites ont perdu la bataille et les cours de science du dimanche matin au Conservatoire des arts et métiers à Paris attirent massivement les ouvriers. À travers la mise en place d'une métrologie scientifique, du déploiement de standards, de la production en série et du management scientifique, les technologies et productions se « scientifient » et les pratiques de sciences s'industrialisent. Dans les années 1930, à partir des expériences de guerre et de la gestion des colonies, « l'économie » (*the economy*) émerge comme catégorie et devient objet de gouvernement.

Des sciences expérimentales revues et étroitement gagées sur l'art technique et industriel dominant dorénavant le monde académique ; les laboratoires d'enseignement se généralisent – à Berlin, Cambridge, à la Sorbonne –, même si les sciences d'inventaires restent essentielles dans le monde colonial, que se constituent les « sciences sociales » et que s'épanouissent les humanités. Comme partout, le laboratoire devient un lieu plus organisé et hiérarchisé, et la division du travail comme la spécialisation y prévalent. L'entreprise science explose numériquement – les laboratoires Bell, qui dépendent d'American Telegraph & Telephone, emploient plusieurs milliers de professionnels dès les années 1920. Cette extension, cette transformation des pratiques, cette émergence d'un nouveau *régime technoscientifique*, se font en rapport étroit avec une redéfinition de l'État – l'invention, en fait, d'une place et

1. Ce geste est pour nous une manière de désacraliser nos propres chronologies – celle qui fonde l'ordre de cette *Histoire* en trois tomes. Pour une défense de cette chronologie-ci, voir Pestre 2003. Pour une défense de celle-là, voir l'« Ouverture générale en tête du tome 1 ».

d'un rôle radicalement neufs. Cet État nouveau est un État *bien doté* grâce à l'impôt; un *État scientifique*, un État entrepreneur de science finançant recherches et sociétés (créant la Kaiser-Wilhelm Gesellschaft par exemple), préoccupé de techniques et d'innovation pour le bien supérieur du pays; un *État guerrier* attentif à la qualité de ses armes, préparant la défense du pays et de ses intérêts économiques, politiques et impériaux grâce à la science (le *Mémorial de l'artillerie* est la plus grande revue française de statistique à la fin du XIX^e siècle); un *État social* qui vise l'intégration des « classes dangereuses » par les assurances, les sciences sociales et le vote masculin – c'est l'avènement des *démocraties de masse*; et, finalement, un *État régulateur* qui entend contrôler les effets négatifs du progrès technique sur la santé ou l'environnement par des normes élaborées par les producteurs, les associations professionnelles et l'État¹.

Concernant les savoirs, trois grandes tendances sont à l'œuvre. D'abord le déploiement, dans le monde industriel et scientifique, d'une *attitude pragmatique* qui mobilise tous les moyens disponibles, au-delà des disciplines constituées de l'Université. Présentes dès la fin du siècle dernier dans le monde industriel, ces pratiques, qui sont aussi trans-métiers, sont généralisées par les militaires durant et après le second conflit mondial. Cette philosophie du *everything goes* où ce qui compte avant tout est le *résultat* conduit à une rupture vis-à-vis des valeurs publiques et morales attribuées à « la science² ». Un *réductionnisme généralisé* rendu efficace par la maîtrise des microphénomènes au laboratoire est la seconde chose qui frappe. Typique de la physique des électrons, des atomes, des noyaux, des particules, elle est vraie aussi de la microbiologie (les microbes), de la génétique – et plus tard de la molécularisation du vivant. Ce détour par le « micro » est extraordinairement productif car il autorise la création d'univers artificiels vastes et démiurgiques. Est finalement sensible, au fil de ces années, un usage accru des mathématiques, des *processus de formalisation*. Les approches statistiques et probabilistes, par exemple, se généralisent, pour les sciences physiques à la fin du XIX^e siècle, pour la biologie des populations et l'économie dans les premières décennies du XX^e. Les modélisations s'étendent dans les années 1920 et 1930, tandis que le champ des « mathématiques appliquées » et des premières simulations prend son essor dans les années 1950.

Concluons sur un point. Ce moment est celui d'une « scientification » des sociétés du Nord, d'une acceptation des sciences comme forces premières de transformation. « La Science » (l'emploi du singulier majuscule

1. Pestre 2003.

2. La formule *everything goes* est de Paul Feyerabend 1979, dans *Against Method*.

se généralise dans le dernier tiers du XIX^e siècle en France) devient l'*alter ego* de « l'État », le moyen de dire le bien collectif et de proclamer sa *neutralité* face aux intérêts particuliers. La science, car c'est elle qui guide le progrès social, économique et technique, devient une institution de référence – ce qui n'est pas le cas en 1850 –, elle devient l'institution sur laquelle l'État s'appuie pour fonder ou justifier ses choix. Il le fait quand cela l'arrange, bien sûr, mais la science, qui en profite dans ses financements et son poids symbolique, devient alors l'une des institutions centrales de la « modernité ».

Régime de libéralisation globale, biotechnologies, simulations et numérique – des années 1980 aux années 2010

Depuis quatre décennies, ce ne sont plus les mêmes savoirs, les mêmes disciplines ou les mêmes valeurs qui dominent le jeu scientifique. Dans les premiers temps du XX^e siècle, ce sont les sciences physiques « fondamentales » qui ont façonné les normes de la « bonne science » – la relativité, la mécanique quantique. Depuis les années 1980, d'autres (techno) sciences ont acquis la prééminence, notamment les sciences de la vie, les bio-techno-nano-sciences – des activités capables de recombinaison le matériau biologique. Ces sciences, intrinsèquement orientées vers la production technologique, sont au cœur de nouvelles pratiques marchandes et de nouveaux modes d'exercice de la propriété. Leur rôle dans l'économie n'est pas aussi massif que celui des sciences et industries chimiques, par exemple, mais elles conduisent à des formes de biopolitique nouvelles dont la maîtrise est dans les mains des individus plus que dans celles des États¹. En cela, elles contribuent à des transformations profondes des mondes sociaux.

Les pratiques de sciences se sont aussi trouvées recomposées par le déploiement des outils informatiques et des banques de données, par le déploiement des grandes simulations – comme pour l'étude du changement climatique. De nouveaux « champs de science » ont émergé autour du système Terre et de ses équilibres, des sciences de l'environnement terrestre, de la protection de la biodiversité – toutes choses *nouvelles* par rapport à ce qui a fait la gloire historique des Sciences mais qui renouent en partie, par-delà une parenthèse d'un siècle, avec l'histoire naturelle et ses inventaires. Or les conséquences sociales et politiques de ces nouvelles sciences et des biotechnologies sont considérables, et elles occupent l'espace public.

1. Rose 2007.

Mais il est un autre ensemble de nouveautés – le fait qu’une nouvelle économie politique et morale des savoirs est apparue dans les dernières décennies. Les règles productives ont été transformées et le pouvoir est globalement passé, dans la vie économique, des managers aux actionnaires et acteurs financiers – si l’on accepte de rester excessivement laconique. Au cours de ce processus, le politique tel que défini depuis les démocraties de masse s’est trouvé redéfini – du moins dans la plupart des pays –, voire marginalisé¹. Dans l’ordre géopolitique, nous sommes passés d’un univers régulé, dans le cadre de nations en équilibre westphalien, par des instances élues définissant des priorités, à des systèmes plus intégrés, économiquement globalisés, régulés dans des espaces de « gouvernance » multiples par des acteurs aux légitimités variables : de grandes compagnies, la Banque mondiale, une pléiade d’ONG. Finalement, le monde paraît en équilibre instable, ouvert à tous les renversements. Ce sentiment est à l’opposé du sentiment de prévisibilité et de stabilité qui prévalait du temps de la guerre froide ; le résultat en est une impression d’incertitude croissante, un sentiment de « risque » à travers lequel les gens perçoivent leur relation au monde et à l’environnement².

Cette mutation s’est accompagnée d’une transformation des manières de produire les savoirs. D’abord, les intérêts présents dans le champ académique se sont multipliés. Le capital-risque, le Nasdaq, les start-up, les avocats d’affaires, les grands programmes nationaux sont devenus plus importants dans l’orientation de la recherche, dans les formes qu’elle prend, dans ce qui est étudié et ce qui est oublié. Pour sa part, la recherche industrielle, elle aussi en concurrence globale toujours plus acharnée, s’est émancipée du cadre territorial qui demeure, par définition, celui des universités et des populations. La localisation de ses recherches est maintenant définie à l’échelle planétaire, au gré des potentialités et des opportunités. Dans les entreprises, le travail d’innovation a changé de nature lui aussi. La conception de produits et de lignées génériques – et non plus la R & D, comme entre 1870 et 1970 – est devenue la pierre angulaire du travail d’innovation. La « recherche » est ainsi devenue un paramètre qu’on tend à *externaliser*³. Finalement, la définition et les règles de la propriété intellectuelle ont été profondément modifiées – ce qui a conduit à des formes de parcellisation des savoirs d’une part, des formes de monopole et de judiciarisation de l’autre⁴. Une économie politique et morale des savoirs nouvelle s’est donc installée.

1. Supiot 2010.

2. Beck 1992.

3. Le Masson *et al.* 2006.

4. Pestre 2003.

En matière de pollutions et d'effets négatifs du progrès, la nouveauté est que la question est aujourd'hui posée en généralité : la question environnementale et climatique est maintenant donnée comme universelle (elle concerne l'humanité) et globale (Gaïa est une). Au tournant des XVIII^e et XIX^e siècles, la contestation qui vise la chimie des soudes est déjà très puissante et ressemble beaucoup à celle que nous connaissons aujourd'hui (on ne voit d'ailleurs pas pourquoi nos ancêtres auraient réagi très différemment de nous face à la destruction de leurs cadres de vie proches) ; elle reste toutefois locale et ce sont les riverains qui mènent les études épidémiologiques et toxicologiques, pétitionnent et portent plainte. Même si ce type de contestation n'a pas perdu de sa vigueur, ces actions tendent aujourd'hui à être absorbées dans des discours plus vastes – là est la nouveauté : la question est devenue une bataille pour la survie de l'espèce et de la planète, et c'est la science qui seule peut en dire la réalité – qui, à part la science la plus équipée, peut dire s'il y a réchauffement climatique ou non ?

Dire ce qui a fait le monde des savoirs et des sciences sur le long terme : huit thèses

Saisir ce qui se passe depuis cinq siècles autour des sciences et des savoirs ne saurait se réduire à l'exercice de périodisation très synthétique qui précède, forcément mutilant dans ce qu'il choisit d'ignorer ou de singulariser. Non qu'il ne soit pas essentiel de toujours reprendre ce travail – au contraire, il convient d'essayer d'identifier et de qualifier les *régimes* cognitifs et sociaux, techniques et économiques, intellectuels et moraux qui se succèdent et se chevauchent au fil du temps. Ce travail de périodisation ne peut bien sûr qu'être simplifié, partiel et partial – mais il ne peut en être autrement, et d'autres suggéreront des lectures alternatives, ou complémentaires.

Dans ce qui suit, je propose de reprendre la question autrement, de m'attarder plutôt sur des permanences, des constances entêtantes, des traits qui perdurent – et d'en profiter pour questionner l'inanité de huit lieux communs. À savoir : que l'Europe aurait inventé « les sciences », que celles-ci résulteraient d'abord et avant tout de la créativité de ses savants ; que les sciences ne seraient qu'affaires intellectuelles et conceptuelles, que les savoir-faire, les pratiques matérielles, artisanales ou industrielles, ne sauraient lui être décisives ; que le déploiement des sciences ne serait pas organiquement lié au commerce et au monde des affaires ; que les sciences ne seraient pas centralement affaire des États ; que les « communautés scientifiques » régleraient « en interne » leurs questions et qu'elles

seraient au-dessus de l'espace et des opinions publiques ; que les sciences seraient à part des idéologies sociales, qu'elles pourraient dire la réalité objective des races et du genre, par exemple ; que nos ancêtres auraient développé leurs activités sans se soucier des dégâts infligés à la nature, qu'ils n'auraient pas eu la (rare) réflexivité qui est la nôtre aujourd'hui ; que les sciences progresseraient selon leurs logiques propres, finalement – alors que ces mutations peuvent avantageusement se lire comme déplacement des espaces où elles s'élaborent.

THÈSE 1. Les institutions scientifiques européennes ou nord-américaines n'ont pas été les seules à remodeler les savoirs et à faire émerger les sciences. La rencontre avec les nouveaux mondes et les « Suds », leurs savoirs et leurs élites, a été tout aussi décisive.

La première thèse consisterait à dire que les transformations spectaculaires qu'ont connues les sciences et savoirs durant ces cinq siècles ne trouvent pas simplement leur source dans la découverte, au Nord, d'une manière neuve de faire – « la science ». Ces savoirs ont impliqué au contraire des va-et-vient, des échanges entre Européens et populations et lettrés des Suds. Les diverses « mondialisations » qui commencent avec la fin du xv^e siècle ont impliqué des appropriations continues – sur les plantes, les animaux et les écosystèmes, les savoirs agricoles et la pharmacopée, les savoirs géographiques, cartographiques et de navigation, les savoirs linguistiques, anthropologiques, artistiques, les techniques et les manières de produire. En ces matières, une circulation intense d'informations a résulté des rencontres, et cela a conduit à une transformation radicale des questions, des savoirs et des images de soi, alors et aujourd'hui, ici et ailleurs.

On peut se faire une idée de la complexité du phénomène en nommant quelques intermédiaires : traducteurs, guérisseurs, éclaireurs, coureurs de bois, esclaves – et aujourd'hui paysans et « peuples indigènes ». En face ? Humanistes, missionnaires, explorateurs, administrateurs coloniaux, médecins naturalistes – et aujourd'hui associations et ONG, touristes et ingénieurs agronomes, Banque mondiale et OMS. Des lieux ? La pirogue des explorateurs européens guidée par des Amérindiens, le pont des navires sur lesquels les captifs sont interrogés, les tavernes et salles d'audience des ports où savoirs et règles de droit se confrontent – et aujourd'hui forum de Davos, forum social mondial et programme REDD (Réduction des émissions liées au déboisement et à la dégradation des forêts dans les pays en développement).

Mais il faut dire que, dans le moment même où il profite de ces échanges et réordonne les savoirs qu'il amasse, le Nord efface sa dette et orientalise « l'autre ». Ces nouveaux savoirs naissent certes à travers les échanges mais ces emprunts et appropriations sont rayés des récits et mémoires, et l'autre de la rencontre est raconté, essentialisé comme incapable, non scientifique – sauvage. Et le Nord se construit sur cet oubli, ce refoulement – il se définit dans le geste même qui singularise « la science » qui le met à part et le place seul dans l'ordre d'une raison dont l'autre est exclu. Les alliés de ces nouveaux savoirs, commerçants ou militaires, sont par ailleurs organisés pour la conquête ou la prédation. Les conséquences sont donc souvent terribles : décimation des populations d'Amérique par les Européens et les pathogènes qu'ils importent ; traite des Noirs entre les ports européens, la Côte-de-l'Or et le continent américain ; destruction des formes traditionnelles d'agriculture (par l'imposition violente de la propriété privée dans la vallée du Nil au XIX^e siècle par exemple¹) – ou, pour les dernières décennies, refonte radicale du monde par les politiques d'ajustement structurel, toujours données comme les seules possibles et rationnelles.

Mais penser en termes d'intermédiaires reste encore limité. Les guerres permanentes qui ravagent l'Europe (et le monde) au cours des cinq siècles engendrent des mouvements massifs de populations, des diasporas – les Morisques, Séfarades, Grecs, Arméniens au XVII^e siècle par exemple. Ces diasporas vivent souvent du commerce, mais certaines sont centrales pour les savoirs et les transferts techniques – c'est le cas des huguenots hors de France à l'époque moderne et des jacobites hors d'Angleterre. Et si l'on souhaite faire un saut brutal dans le temps, on retiendra l'émigration des intellectuels juifs hors d'Allemagne dans les années 1930, dont un effet fut une recomposition profonde des sciences, d'abord aux États-Unis et, de là, dans le monde entier.

THÈSE 2. Les savoir-faire, les savoirs artisanaux et de production ont été (et sont toujours) décisifs dans l'émergence (et la transformation continue) des sciences ; cela est notamment vrai pour la culture de précision et les pratiques expérimentales.

Mais il ne s'agit pas que des savoirs sur la nature, les plantes, les eaux, les cieux. Il s'agit aussi des savoirs pratiques des artisans et ouvriers, de ceux des constructeurs et ingénieurs sans lesquels les sciences « techniciennes

1. Mitchell 2002.

et industrielles » n'auraient pu se constituer et se réinventer à chaque siècle. C'est que les savoir-faire sont vitaux dès qu'il s'agit d'opérer matériellement. Le point est acquis depuis longtemps que les savoirs tacites et les tours de main sont au cœur de la vie de laboratoire et de la vie productive. Ce sont eux qui garantissent les succès et qui sont les plus délicats à acquérir. Leur transfert n'opère que par le « faire avec » et leur formalisation, qui est un travail de Sisyphe, est à jamais insuffisante¹.

Aux XVII^e et XVIII^e siècles, la pratique expérimentale est encore très composite, peu codifiée – et Pascal peut être accusé par Boyle de ne pas avoir *réellement fait* ses expériences sur le vide. Le travail pratique dans les Académies de Londres ou de Paris n'existe souvent que grâce aux démonstrateurs (qui ne sont pas toujours considérés comme des savants), les seuls à travailler de leurs mains. Les *gentlemen* des Académies savent aussi que les artisans ont des connaissances pratiques qu'ils n'ont pas, et qu'il faut apprendre auprès d'eux. Cela est vrai de la construction navale aux XVII^e et XVIII^e siècles – une activité risquée pour qui veut innover trop radicalement, comme le montre le désastre du *Wasa* en Suède sous le roi Gustave II Adolphe – et Réaumur visite les ateliers parisiens à cette époque pour augmenter les capacités des sciences et du royaume².

Un siècle et demi plus tard, la physique de précision se construit en lien étroit avec les producteurs d'instruments (Zeiss pour l'optique en Allemagne) et l'industrie de la machine-outil ; la nouvelle valeur de la précision, dans les sciences de laboratoire, dérive de l'organisation de la production, de l'industrie des pièces détachées, du management des ateliers et chantiers, de l'organisation scientifique du travail – de la domestication des savoir-faire et des gestes ouvriers ; et cette pratique de la précision se retrouve dans d'autres milieux, les grands jardins botaniques ou la mise en œuvre des *surveys*³. Dans le second XIX^e siècle, elle se traduit par la détermination de l'« équation personnelle » des observateurs en astronomie, la formation pratique des apprentis physiciens dans les laboratoires d'enseignement, le contrôle strict des travaux des jardiniers. Et, bien sûr, la Société allemande de physique créée en 1845 n'est pas qu'« académique » : comme toutes les autres sociétés de physique jusqu'au milieu du XX^e siècle, elle regroupe, auprès des universitaires et ingénieurs, des artisans, des producteurs, des entrepreneurs.

1. Collins 1985.

2. Licoppe 1996.

3. Drayton 2000, Secord 1986. Merci à Simon Schaffer pour le rappel de ces références.

THÈSE 3. *Le monde des affaires, du commerce et de la production a toujours constitué une ressource majeure du déploiement des savoirs et des sciences.*

Il est souvent acquis, dans les milieux scientifiques, que la science est mère des développements techniques. Est aussi présent aujourd'hui le discours d'une certaine « colonisation » de la science par le monde des affaires, dont les « intérêts » réduiraient les marges de manœuvre des sciences elles-mêmes. Cela n'est pas sans fondement, loin s'en faut, mais la mise en perspective historique à laquelle incitent ces trois volumes conduit à une histoire plus contrastée.

Depuis cinq siècles, les producteurs de savoir ont en effet entretenu des relations étroites avec le monde du commerce et de la production. Entre commerce et collectionneurs, savants, aristocrates et marchands, la chose va de soi : les savoirs sur les objets (l'origine d'un manuscrit, la propriété médicinale d'une plante, la qualité d'un objet d'art) sont à la fois au cœur du travail savant, au fondement de la collection et aux origines des marchés. L'exemple est particulièrement probant au XVII^e siècle : les objets manufacturés, les produits exotiques, les plantes, les manuscrits sont choisis au loin par les marchands et leurs experts ; ils sont transportés et regroupés dans des entrepôts ou des jardins, où ils sont classés ; ils sont « reconditionnés » comme objets de consommation, et des Bourses de commerce sont établies pour en établir les prix. Dans ce mouvement, science et commerce se déploient de concert, sans rupture de l'un à l'autre, largement au bénéfice des deux. L'essentiel est ici de comprendre que la dynamique des échanges est d'abord marchande, et que c'est sur cette circulation globale d'objets que se greffent les savoirs et leur circulation propre.

Mais le lien, quoique de nature différente, est tout aussi central pour la vie industrielle. Nous l'avons dit pour le début du XIX^e siècle et la chimie des sodes et des acides – les savants et inventeurs sont eux-mêmes entrepreneurs et régulateurs. Dans la chimie de synthèse et les laboratoires industriels de la fin du XIX^e siècle, les professeurs de l'Université sont consultants dans l'industrie et les réseaux d'échange d'étudiants, d'argent ou de produits sont continus entre les deux mondes. Les pionniers de la microbiologie développent, sur le même modèle, des liens étroits avec l'industrie du médicament. Behring devient un entrepreneur à succès, tandis que l'Institut Pasteur développe ses propres centres de production. Dans l'industrie électrique des États-Unis au tournant du XX^e siècle, ce sont des inventeurs (souvent ingénieurs) qui déploient des stratégies de contrôle *via* les brevets et fondent les firmes les plus puissantes (Edison,

Sperry). Dans tous les cas, l'intrication est vitale – ce qui ne veut pas dire que tout le monde fait le même métier.

Pour le reste du ^{xx}e siècle, les exemples sont tout aussi infinis, et les recompositions scientifiques qui en découlent spectaculaires : ainsi, la constitution de la physique des solides dans les années qui chevauchent la Seconde Guerre mondiale résulte moins de logiques disciplinaires (l'évolution de « la » science) que du rôle de grandes compagnies (de l'électronique) visant des objectifs pratiques (développer des semi-conducteurs artificiels) et qui mobilisent pour ce faire une gamme de techniques (physique électronique, chimie des matériaux, cristallographie, fabrication de cristaux, mécanique quantique) que personne n'avait articulée ainsi. Ces entreprises développent des stratégies de développement axées sur les responsables des brevets (qui ont des formations scientifiques et d'ingénieurs), qui circulent entre départements et identifient points de résistance et synergies possibles, et font advenir un autre arrangement, une autre manière de combiner les savoirs théoriques et les faire – ce qui devient la « physique des solides ». À la fin des années 1950, le même phénomène va se répéter avec la science des matériaux, les militaires servant cette fois de force de convergence, de pivot financier et organisationnel pour permettre l'émergence et l'institutionnalisation de ce champ nouveau, et nécessaire pour eux¹.

THÈSE 4. *Les savoirs, et les sciences en particulier, ont toujours dépendu centralement de l'État, acteur direct ou indirect de beaucoup de leurs développements.*

La densité de l'alliance entre les porteurs de savoirs et les mondes du commerce et de la production est toutefois encore plus frappante si l'on inclut l'État dans l'équation – même s'il est bien clair que l'État n'est jamais unifié et que les variations sont infinies de la Florence de 1500 aux États-Unis de 2010, et de la Chine des Ming à celle de Mao. Les liens entre savoirs et États tiennent d'abord aux questions de sécurité et de guerre : pour les militaires, les savoirs pratiques sont choses trop sérieuses pour être laissées aux seuls savants ou *ingenio*. Cela tient ensuite à des questions d'inventaire, de connaissance des ressources naturelles, humaines et productives – ce qui est au cœur des activités scientifiques de l'État fédéral américain au ^{xix}e siècle par exemple. Pour des raisons économiques, les milieux d'affaires demandent aussi souvent à l'État

1. Pestre 1992.

de les aider – par les armes, la législation ou d'autres politiques des brevets, ce qu'il apprend à faire. Enfin, lorsque les sciences de laboratoire deviennent des composantes majeures du progrès industriel, à la fin du XIX^e siècle, les États eux-mêmes se font entrepreneurs de science, financeurs et organisateurs. Et puisqu'il vaut d'être clair, précisons que ce rôle est aujourd'hui plus massif que jamais du fait de la concurrence économique, maintenant planétaire, et de la croyance que le futur des nations relève de leur capacité à développer chacune leur Silicon Valley.

Il faut donc partir du postulat, au rebours de récits bien connus, que la rencontre entre sciences, État et militaires ne constitue pas une « erreur de casting » mais est une réalité ordinaire depuis cinq siècles, et qu'elle n'implique pas que quiconque ait « vendu son âme » dans cette affaire. Les princes des villes italiennes du XVI^e siècle entretiennent des mathématiciens-ingénieurs, les royaumes ibériques puis l'Angleterre se construisent des marines qui forment la colonne vertébrale de l'État, le royaume de France favorise au XVIII^e siècle l'ingénieur-savant – l'oncle hollandais de la physique, comme dit Lewis Pyenson dans une belle formule. La Prusse et la République française promeuvent l'artillerie scientifique à la fin du XIX^e siècle, et les Britanniques, les Italiens et les Français utilisent les premiers avions pour ramener la « paix » dans les colonies *via* le bombardement stratégique des populations civiles¹. Les Britanniques développent la recherche opérationnelle pendant la Seconde Guerre mondiale, les États-Unis et l'URSS les missiles de la guerre froide – et les États-Unis d'aujourd'hui et Israël les drones de la guerre contre le terrorisme. Et il est toujours suffisamment de savants et d'ingénieurs prêts à faire ce travail, même s'il est toujours des refus.

Le rôle des États est plus large que celui des militaires. Les souverains soutiennent les arts et les sciences pour des raisons variées. Dans l'âge baroque, des raisons de prestige et de renommée, des raisons de puissance économique ou mercantile, des raisons de production agricole ou forestière, des raisons fiscales – puisque les guerres sont permanentes et qu'il faut fonder en nombre les taxes qui sont prélevées. Mais le caméralisme, l'arithmétique politique, l'économie politique, la statistique sont les pratiques de sciences associées le plus ordinairement aux États qui développent par ailleurs des formes de gouvernementalité nouvelles : vaccinations ou encadrements hygiénistes au début du XIX^e siècle, assurances sociales et droit du travail un siècle plus tard.

Trois points peuvent ici être retenus. D'abord, la « question statistique » n'est pas partout le monopole des États : dans beaucoup de

1. Lindqvist 2000.

pays elle est le fait d'associations et se décline autrement dans l'espace public. Les institutions chargées des données essaient ensuite, régulièrement, de normaliser leurs procédures (de collecte, de traitement), mais ceci est historiquement et à jamais inachevable. Nous ne devons donc pas être trop « wébériens » dans nos récits : la quête avide des faits est un rêve de maîtrise qui produit des effets lorsqu'elle est soutenue par les pouvoirs, mais qui rencontre toujours de grandes limites et n'est efficace que ponctuellement.

Quant aux technologies utilisées, elles ont été remarquablement stables du XVIII^e siècle aux années de la guerre froide. Les technologies de papier permettant de prendre des notes, écrire, copier, classer et retrouver l'information varient peu durant ces deux siècles, et on les retrouve du travail intellectuel à l'activité administrative, du classement naturaliste à l'organisation du commerce par correspondance. Elles ont connu, de 1850 à 1950, des modifications *via* la mécanisation, l'électrification des machines et les meubles du bureau moderne – inventions qui relèvent surtout du monde des affaires – mais sans que la visée intellectuelle soit radicalement bouleversée¹. À lire les promoteurs actuels des mondes numériques et du *data mining*, en revanche, cela serait en train de changer – de façon extrêmement radicale. Au point que les sciences de laboratoire elles-mêmes, leurs démarches hypothético-déductives comme la construction de leurs données, seraient en voie d'obsolescence : de nouveaux outils et logiciels feraient simplement sortir les informations pertinentes de la masse de données assemblées à chaque minute par les machines du commerce et de la communication². Heureusement, en un sens, les prophéties de bonheur (la NSA comme pourvoyeur des vrais savoirs) n'engagent que ceux qui y croient.

THÈSE 5. *Convaincre l'opinion et séduire les populations des merveilles des « sciences » a constitué, et constitue toujours, une préoccupation constante des savants, du monde politique et de celui des affaires.*

Les savoirs et les sciences ne se construisent pas que dans le laboratoire ou le bureau du statisticien. Parce qu'ils sont liés à la vie technique, politique, économique, et à la consommation, savoirs et sciences participent des enjeux de la sphère publique. Et promouvoir ces sciences et

1. Gardey 2008.

2. Voir l'éditorial étonnant de Chris Anderson, « The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete », *Wired Magazine*, 2008, vol. 16, n° 7.

savoirs auprès de l'opinion publique, éclairée ou populaire, est pratique courante de la Renaissance au XXI^e siècle.

La promotion des savoirs et techniques est d'abord moyen d'ostentation, de mise en scène des fastes et capacités du prince, de l'industrie, de la nation. Les grands spectacles d'artifices et les entrées royales (au XVII^e siècle), les grands spectacles des boulevards parisiens et les Expositions internationales (aux XIX^e et XX^e siècles), relèvent de ce monde. Mais cette promotion se fait plus quotidiennement dans les almanachs, les affiches publicitaires (à la fin du XVIII^e siècle), *via* les démonstrateurs itinérants du Nouveau Monde (encore au XIX^e siècle), par la publicité et les institutions de science elles-mêmes (depuis deux siècles). La Royal Institution est créée à Londres pour donner des cours publics au début du XIX^e siècle, comme à Paris le Conservatoire national des arts et métiers ; les ondes électriques découvertes par Hertz en 1888 sont immédiatement exhibées en public à Londres, Paris et Vienne ; et le CERN, à Genève, porte une attention soutenue, depuis cinquante ans, à montrer à des publics nombreux ses machines, les particules et leur physique.

Les publics friands de sciences se déploient à partir du second XVII^e siècle. Cela renvoie à la montée de la philosophie expérimentale, à la vénération pour les machines et instruments, à la fascination pour le merveilleux (au cœur de toute « vulgarisation », hier comme aujourd'hui), à la porosité des communautés savantes et des monteurs de spectacles, à une culture urbaine à la fois érudite, ludique et esthétique. À la fin du XVIII^e siècle, l'essor du commerce, la montée du débat politique et la vivacité des cafés, clubs et journaux conduisent à un élargissement des publics fascinés par les sciences, les machines et les objets nouveaux de consommation. À partir du milieu du XIX^e siècle, c'est le spectacle des réussites de la technologie, de l'industrie et du progrès qui s'impose. À la fois pour des raisons scientifiques ou pratiques, commerciales ou de démonstration de puissance, mais aussi pour des raisons politiques : après les révolutions de 1848 et le surgissement des populations ouvrières sur la scène publique, les expositions sont repensées pour célébrer un progrès qui soit dorénavant inclusif d'un point de vue social.

À partir du milieu du XIX^e siècle, la concurrence des Expositions internationales fait rage, comme fait rage la concurrence entre industries nationales au sein de chaque exposition. Des réalisations monumentales (une lunette astronomique de 60 mètres de foyer est exposée à Paris en 1900¹) côtoient des produits commerciaux et, bien sûr, l'exhibition de « spécimens » des populations coloniales. L'architecture suit le

1. Launay 2007.

mouvement et aux formes classiques succèdent le Crystal Palace et la tour Eiffel. Avec le milieu du xx^e siècle, les changements dans la nature des médias amènent à d'autres formes de mise en scène (le cinéma, les centres de culture scientifique, les simulations). Mais une chose reste stable : la saturation des espaces publics par des images de science, de technique, de progrès – et de promesses sans fin.

THÈSE 6. Les savoirs et les sciences ont largement contribué, au long de ces siècles, à la définition des races, du genre, et à la domestication des corps vils.

Une question obsède les cinq derniers siècles, du moins au Nord, celle des races. Reposée par les « grandes découvertes », la traite et la colonisation, elle s'inscrit dans l'obsession chrétienne antérieure, qui ne disparaît pas, et qui lie sang, race et religion autour des musulmans, ennemis de l'extérieur, et des juifs, ennemis perfides de l'intérieur. Que ce soit dans les sciences et savoirs, ou dans les consciences ordinaires, les itinéraires du sang, des religions et des races ne cessent de se croiser, de la controverse de Valladolid à l'extermination des Juifs et Tsiganes par les nazis¹. Fonder en nature les races (et le genre) est d'ailleurs une activité que les sciences ont toujours prisee – avec des retenues après la Shoa –, et les sciences sociales ont contribué, comme elles l'ont pu, aux discours de justification de la colonisation.

Dans les discours savants, l'obsession de la race se mêle, dès le début, à la question de la sexualité et de ses excès, à la question des femmes et de leur contrôle, à la question du genre et des déviants (ne devrait-on pas penser ici un lien tout simple avec la nature très masculine de la cité savante ?). Dès l'abord, toutefois, cette obsession se tient aussi au plus près de la question de l'animal et de ses continuités biologiques avec les races inférieures de l'humanité. Avec les Lumières, des évolutions sont notables et la racialisation se donne plutôt comme une affaire de stades ou d'étapes dans le progrès de l'humanité, et comme une question de classification naturelle. Le discours de la race dit alors une série qui va de l'orang-outang au Noir et au Blanc sur une échelle d'évolution naturelle-et-civilisationnelle.

À partir de 1850, cette compréhension de la race comme catégorie indissociablement biologique et sociale est admise, banalisée au cœur de l'Europe et des territoires qu'elle modèle. Au centre de cette science

1. Anidjar 2014.

des races se trouvent la biologie et l'anthropologie physique mais les complicités sont plus vastes et l'histoire naturelle, l'anatomie comparée, la géographie et la linguistique sont impliquées. L'objectif de cette science raciale, qui connaît des opposants et d'innombrables nuances, est de montrer la hiérarchisation de l'humanité, de dire les oppositions entre « Sémites » et « Aryens » par exemple, ou la victoire inéluctable des races supérieures à cerveau plus développé (« indo-germaniques » notamment) – ce que ne renie pas la théorie de l'évolution.

Dans le mouvement d'expansion impériale et coloniale des Européens, il est toutefois des sources plus ordinaires à la formation des catégories raciales-genrées que les productions de connaissance. À savoir la réduction en esclavage des Noirs, massive et continue ; les longues durées de l'antisémitisme et de la persécution des minorités entre Europe et espaces atlantiques ; et les rapports de genre qui se masculinisent lourdement au long du XIX^e et premier XX^e siècle. Ces savoirs et pratiques sont traduits en discours qui permettent de tenir à distance, suivant les contextes, les Maures, les juifs, les protestants, les catholiques, les Indiens, les Noirs, les femmes, les homosexuels, les fous, les francs-maçons, les criminels, les classes dangereuses. Des hommes d'Église, des savants, des médecins, des scientifiques participent à ce travail de désignation et d'assignation – à partir d'observations cliniques, de mesures anthropologiques, de classements, d'enquêtes, d'expériences sur des sujets, de théories et de grandes expositions publiques.

Après la Seconde Guerre mondiale, les discours antisémites ont moins voix au chapitre sur la scène publique. Vingt ans plus tard, les discours racistes sont à leur tour plus difficiles à tenir, et les discours sexistes se réduisent – même si ces situations s'inversent à nouveau depuis une vingtaine d'années. Dans les mondes savants, en revanche, les races ne constituent plus une catégorie acceptable depuis 1945 et les biologistes travaillent sur la « diversité humaine ». Ce qui n'évacue peut-être pas les impensés et l'immensité des ambiguïtés.

THÈSE 7. Les transformations que l'humanité impose à la nature ont préoccupé les savants depuis des siècles. Cela n'est pas un phénomène des dernières décennies.

Il est un lieu commun aujourd'hui qui veut que nos ancêtres aient été modernisateurs sans souci des conséquences de leurs actes, des dégâts infligés à la nature. Nous seuls, depuis quelques décennies, serions attentifs à nos environnements et gérerions ceux-ci avec attention et

réflexivité¹. Ce que montre cet ouvrage est combien cette image de notre exceptionnalité est fausse. À la fois car la modernisation a suscité ces questions très tôt, mais aussi car notre grande conscience ne semble pas conduire, si l'on en juge par les courbes du phénomène « Anthropocène », à des résultats qualitativement différents de ceux du passé.

Deux remarques pour donner chair à cet énoncé. D'abord nos ancêtres ont souvent réagi avec vigueur lorsqu'ils étaient victimes de dégâts sanitaires ou environnementaux – lors d'une pollution de rivière par une production artisanale ou industrielle par exemple. Cela ne doit pas surprendre outre mesure puisque c'est le droit de propriété qui est d'abord impliqué – même s'il n'est pas le seul. Et depuis que cette question a été mise à l'agenda des historiens, les exemples abondent où l'on voit, depuis deux siècles, des populations mobiliser des savoirs multiples (épidémiologiques, statistiques, de laboratoire) pour qualifier les dommages dont ils sont victimes, défendre leurs droits, monter des coalitions, aller en justice, demander des réparations pour les dégâts sanitaires ou environnementaux subis et des mesures de prévention pour le futur.

Reste qu'on pourrait croire que c'est tout de même bien notre époque qui seule a pu penser les phénomènes globaux, le changement climatique par exemple – puisqu'il faut souvent, à cette échelle, des savoirs et outils (calculateurs, satellites) que nos ancêtres n'avaient pas. Mais là aussi, chaque époque fait avec les moyens qu'elle a. Le paradoxe est peut-être ici que c'est en contexte colonial que se construit d'abord l'inquiétude que l'humain altère radicalement les climats. Humboldt impute ainsi certains assèchements de réserves d'eau qu'il rencontre en Amérique latine aux colonisateurs espagnols et à leurs pratiques. En découlent, aux XVIII^e et XIX^e siècles, de longs débats législatifs, des enquêtes scientifiques nombreuses, et des politiques de reboisement à travers toute l'Europe.

Le paradigme d'une modification anthropique des climats (et d'une responsabilité humaine) s'estompe toutefois quelque peu entre 1870 et 1970. Certainement parce que ce siècle croit profondément au progrès industriel et aux capacités démiurgiques des sciences. Il est vrai que les succès de l'industrie sont spectaculaires – et que la « science » devient une institution de référence pensée comme capable de trouver la solution à tout problème. Mais c'est aussi que la microbiologie, qui s'invente alors, tend à déconnecter les maladies des environnements en les attribuant aux seuls microbes – un réductionnisme qui fait du laboratoire le remède absolu contre les inerties naturelles. On peut encore invoquer le libéralisme, qui l'emporte dans ces années et croit aux équilibres qui s'instituent

1. Beck, Giddens et Lash 1994.

d'eux-mêmes ; ou convoquer la sociologie qui tend alors à penser les sociétés comme hors-sol et à réduire toute question aux seuls rapports entre humains¹. En revanche, avec les années 1960, l'explosion des pollutions (chimiques notamment) et la montée d'une jeunesse passée par les écoles et les sciences, la place des humains dans les dérèglements planétaires revient fortement au premier plan des préoccupations sociales – et émerge une sociologie assez neuve qui tente de penser humains et milieux naturels dans le même mouvement.

THÈSE 8. *Une bonne manière de comprendre l'évolution des savoirs et des sciences est de suivre la géographie physique et sociale de leurs lieux de production.*

Dans la première partie de ce texte, j'ai tenté une narration des régimes de savoir et de science depuis cinq siècles. Pour terminer, j'aimerais reprendre cette question à partir d'une autre idée, d'une idée plus simple – qu'une bonne manière de rendre compte de l'évolution des savoirs consiste à suivre les déplacements des lieux, espaces et institutions dans lesquels ils s'élaborent.

Une thèse a longtemps prévalu – celle d'une révolution scientifique ayant eu lieu quelque part entre XVI^e et XVIII^e siècle en Europe. Cette révolution a connu des couleurs variées – elle fut une révolution dans les visions du monde (copernicienne), une révolution métaphysique (platonicienne), une révolution dans le respect des faits (expérimentale), une révolution des régularités numériques (mathématique) – en tout cas une révolution de l'esprit, du regard. On aura compris à lire ces trois volumes que cela est peut-être trop simple pour être gardé en l'état. Non que les idées et les ruptures n'aient pas de sens – elles sont choses majeures et ont à voir avec cette histoire. Qui oserait dire, d'ailleurs, qu'il n'est pas d'*idées* dans la production des savoirs, qu'aucune *révolution* n'advient jamais ? Mais mon point n'est pas ici celui-là, il est plutôt de partir du fait très simple que, comme toute activité humaine, l'activité de savoir dépend (aussi) de qui produit les énoncés, de quand, où et comment ils sont élaborés. Il est donc essentiel de nommer ces divers *espaces* producteurs de science et de savoir, de caractériser les questions qu'ils autorisent, écartent ou ne voient pas, de dire ce qu'ils considèrent valide, intéressant ou dénué de sens. Et, partant de leurs évolutions, d'imaginer la transformation des formes de savoir qui en découlent.

1. Fressoz et Locher 2012.

C'est toutefois au lecteur que je laisserai cette fois le soin (en guise de *homework* et à la suite de la lecture de cette *Histoire*) de qualifier les effets de ces déplacements d'espaces sur les savoirs qui importent. Je me limiterai donc à l'évocation de quelques lieux souvent rencontrés dans ces trois volumes. Ce qui se passe entre Renaissance et ^{xxi}^e siècle est d'abord l'apparition de milieux humanistes et d'échoppes d'imprimeurs, de villes libres et marchandes, de voyages de découverte et du voyage des plantes, de rencontres sur les plages et dans les villes du monde, d'arsenaux et d'armées préparant une autre guerre – de la nouvelle artillerie au tracé à l'italienne. Mais encore de congrégations partant convertir le monde et cherchant à le connaître, de cours princières et de cabinets de curiosités, de la république des lettres, de magasins d'instruments, de Compagnies des Indes, de salons aristocratiques à Paris, de salons créoles à Mexico, d'académies à Calcutta, de publics curieux et payants à Londres et Bogota, de tavernes et cafés à Amsterdam ou Manille, de loges maçonniques, d'académies royales à Saint-Pétersbourg et Vienne, de jardins et collections nouvelles, de muséums d'histoire naturelle et d'écoles d'ingénieurs-scientifiques et militaires.

Au cours des deux derniers siècles la liste s'allongerait de la création de nombreuses écoles (en commençant peut-être avec l'École polytechnique de Paris), des écoles d'officiers en au moins aussi grand nombre (West Point), d'universités nouvelles (allemandes pour commencer), de *surveys* de toute nature (en Europe d'abord, en Amérique du Nord et dans les colonies ensuite), d'ateliers d'inventeurs et de laboratoires d'entreprises, de laboratoires de recherche et d'enseignement, de bureaux des brevets, de chaînes de production chimiques et mécaniques, de centres et colloques internationaux de métrologie, de firmes d'ingénieurs conseils, de bureaux des méthodes et de l'organisation scientifique du travail ; mais encore de facultés et de nouvelles sciences, très nombreuses autour des humanités et de la question sociale à la fin du ^{xix}^e siècle, de politiques publiques, technologiques, industrielles ou scientifiques, d'avocats d'affaires, de crédits d'impôts, de bourses technologiques comme le Nasdaq, d'ordinateurs et d'outils financiers ultrarapides ; et d'amateurs et de musées de sciences, de spectacles et d'expositions internationales, de revues de « vulgarisation », d'émissions de télévision et de radio, du Web ; et de bourses de thèse, et d'une « démocratisation » des sciences, et de hackers, et de sciences participatives, et de conférences de consensus...

Et si quelqu'un souhaite dire qu'il y a bien eu une « révolution scientifique » entre 1500 et 2010, ce qui ne semble pas un énoncé saugrenu, alors ces deux derniers paragraphes disent comment il pourrait faire pour commencer à la raconter.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANIDJAR Gil, 2014, *Blood: A Critique of Christianity*, New York, Columbia University Press.
- BECK Ulrich, 2008 [1992], *La Société des risques*, Flammarion.
- BECK Ulrich, GIDDENS Anthony et LASH Scott, 1994, *Reflexive Modernization: Politics, Tradition and Aesthetics in the Modern Social Order*, Cambridge, Polity Press.
- BELHOSTE Bruno, PICON Antoine et SAKAROVITCH Joël, 1990, « Les exercices dans les écoles d'ingénieurs sous l'Ancien Régime et la Révolution », *Histoire de l'éducation*, n° 46, p. 53-109.
- BIAGIOLI Mario, 2006, « Patent Republic: Representing Inventions, Constructing Rights and Authors », *Social Research*, vol. 73, n° 4, p. 1129-1172.
- COLLINS Harry M., 1985, *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, Londres, Sage.
- DELON Michel, 2007, « XVIII^e siècle », in Jean-Yves TADIÉ, *La Littérature française. Dynamique et histoire II*, Paris, Gallimard, coll. « Folio Essais », p. 9-294.
- DRAYTON Richard Harry, 2000, *Nature's Government: Science, Imperial Britain, and the « Improvement » of the World*, New Haven (CT), Yale University Press.
- FEYERABEND Paul, 1979 [1^{re} éd. en anglais 1975], *Contre la méthode. Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*, Paris, Seuil.
- FRESSOZ Jean-Baptiste, 2012, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Paris, Seuil.
- FRESSOZ Jean-Baptiste et LOCHER Fabien, 2012, « The Frail Climate of Modernity: A Climate History of Environmental Reflexivity », *Critical Inquiry*, vol. 38, n° 3, p. 579-598.
- FRESSOZ Jean-Baptiste et PESTRE Dominique, 2013, « Risque et société du risque depuis deux siècles », in Dominique BOURG, Pierre-Benoît JOLY et Alain KAUFMANN (dir.), *Du risque à la menace. Penser la catastrophe*, Paris, PUF, p. 19-56.
- GARDEY Delphine, 2008, *Écrire, calculer, classer. Comment une révolution de papier a transformé les sociétés contemporaines (1800-1940)*, Paris, La Découverte.
- GRABER Frédéric, 2009, *Paris a besoin d'eau. Projet, disputes et délibération technique dans la France napoléonienne*, Paris, CNRS Éditions.
- KOYRÉ Alexandre, 1962, *Du monde clos à l'univers infini*, Paris, PUF.
- 1966 [1939], *Études galiléennes*, Paris, Hermann.
- LAUNAY Françoise, 2007, « The Great Paris Exhibition Telescope of 1900 », *Journal for the History of Astronomy*, vol. 38, p. 459-475.
- LE MASSON Pascal, WEIL Benoît et HATCHUEL Armand, 2006, *Les Processus d'innovation. Conceptions innovantes et croissance des entreprises*, Paris, Hermès-Lavoisier.
- LICOPPE Christian, 1996, *La Formation de la pratique scientifique*, Paris, La Découverte.
- LINDQVIST Sven, 2000, *Une histoire du bombardement*, La Découverte, 2012.
- MITCHELL Timothy, 2002, *Rule of Experts: Egypt, Techno-Politics, Modernity*, Berkeley (CA), University of California Press.
- PESTRE Dominique, 1992, « Les physiciens dans les sociétés occidentales de l'après-guerre. Une mutation des pratiques techniques et des comportements sociaux et culturels », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, vol. 39, n° 1, p. 56-72.
- 2003, *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, Paris, Quæ.

- ROSE Nikolas, 2007, *The Politics of Life Itself: Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- SECORD James A., 1986, « The Geological Survey of Great Britain as a Research School (1839-1855) », *History of Science*, vol. 24, p. 223-275.
- SPARY Emma C., 2005 [1^{re} éd. en anglais 2000], *Le Jardin de l'utopie. L'histoire naturelle en France entre Ancien Régime et Révolution*, Paris, Éd. du Muséum national d'histoire naturelle.
- SUPIOT Alain, 2010, *L'Esprit de Philadelphie. La justice sociale face au marché total*, Paris, Seuil.
- VAN DAMME Stéphane, 2014, *À toutes voiles vers la vérité. Une autre histoire de la philosophie au temps des Lumières*, Paris, Seuil.

Index

A

Académie chinoise des sciences, 444, 446.
Adorno, Theodor W., 200, 208.
AGI, Année géophysique internationale, 403, 407, 408.
Alberti, Leon Battista, 462.
Alma Ata, 134.
Amis de la Terre, 386.
Anderson, Philip, 332.
Arrow, Kenneth, 23, 242, 243.
ASE, Agence spatiale européenne, 77, 137.
ASTRA, Application de la science et de la technologie aux espaces ruraux, Inde, 116.
AT&T, American Telegraph & Telephone, 97, 128, 426, 428, 429, 431.
Auschwitz-Birkenau, 53.

B

Banque mondiale, 24, 119, 133, 142, 227, 242, 248, 349, 414, 469, 471.
Barabási, Albert-László, 314, 315.
Barlow (comité), 32, 37.
Bateson, William, 310, 311.
Baudrillard, Jean, 305, 315.
Bayer, 87-89, 94, 102, 128, 426.
Bayh-Dole Act, 14, 99, 100, 102, 104, 436.

Beadle, George W., 311.
Becker, Gary, 247, 249, 250.
Becquerel, Henri, 167, 173.
Bell Telephone Laboratories, 13, 87, 104, 109, 122, 128, 423, 425, 426, 428, 431, 433, 438, 439, 466.
Bethe, Hans, 63, 65, 325, 505.
Bhopal, 139, 161, 390.
Biogen, 39.
Bloch, Marc, 55, 198, 200.
Boas, Franz, 261, 271.
Bohr, Niels, 63, 167, 174, 321.
Boltzmann, Ludwig, 340, 356.
Born, Max, 321.
Bose, Subhas Chandra, 112.
Braudel, Fernand, 200, 202, 207, 208.
Bretton Woods, 133, 243, 245.
Bridges, Calvin B., 308.
British Ecological Society, 278.
Brogie, Louis de, 321.
Bruck, Carl, 256, 257, 270.
Brundtland (rapport), 114, 119, 406.
Buitenzorg (jardin botanique de), 277.
Bush, Vannevar, 31, 32, 36, 42, 51, 324, 343.

C

Cai Yuanpei, 444, 458.
Cannon, Walter, 149.
Carlsberg (brasserie), 301, 306.

Carnegie (fondation), 196, 270.
 Carson, Rachel, 154-156, 163, 164, 385, 396.
 Cattell, James, 34, 42.
 CCNUCC, Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, 399, 415.
 Celera, 96.
 Chipko (mouvement), 115.
 Churchill, Winston, 67.
 Clements, Frederic, 280-282, 293, 294.
 Club de Rome, 345, 349, 352, 400, 411.
 CMD, Centres mondiaux de données, 407.
 CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 12, 127.
 CNRS, Centre national de la recherche scientifique, 127, 418, 484, 501, 502.
 Codex Alimentarius, 88, 389.
 Collins, Francis, 40, 96, 473.
 Coolidge, William, 427.
 Coomaraswamy, Ananda Kentish, 109, 118, 122.
 Cowles, Alfred, 240, 348.
 Crick, Francis, 298, 312.
 Croce, Benedetto, 191.
 Curzon, Lord, 108.

D

DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency, 430, 435.
 Darwin, Charles, 28, 212, 229, 259-260, 303, 305, 309, 315, 316.
 Davenport, Charles B., 260, 270, 313.
 Davos (forum de), 471.
 Dawkins, Richard, 314, 316.
 Debreu, Gérard, 23, 242, 243.
 De Vries, Hugo, 299, 301, 304, 307-310, 313, 316, 317.
 Dirac, Paul, 321, 323, 325.
 Dobzhansky, Theodosius, 261, 262, 265, 270.
 Dow Jones Industrial Average, 235.

DSIR, Department of Scientific and Industrial Research, 12, 127.
 Dunn, Leslie Clarence, 261, 262, 263.
 DuPont, 87, 103, 152, 407, 426, 429, 439.
 Durkheim, Émile, 22, 189, 191, 194, 197, 199, 202.
 Dyson, Freeman, 325, 326.

E

Eames, Charles et Ray, 171, 172, 184.
 Einstein, Albert, 41, 44, 61, 62, 321, 322, 341.
 Eisenhower, Dwight D., 29, 34, 42, 61, 180.
 Elias, Norbert, 198.
 Elton, Charles, 279.
 English, Don (Donald Ernest), 167.
 ENIAC, Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer, 343, 410.
 EPA, Environment Protection Agency, 13, 386, 387, 396.
 ESA, Ecological Society of America, 287, 288.
 Eugenics Record Office, 260.

F

FDA, Food and Drug Administration, 92, 97, 154, 155, 160, 387.
 Febvre, Lucien, 200.
 Feynman, Richard P., 325, 326, 335, 505.
 Fisher, Ronald, 238, 342, 347.
 Fleck, Ludwig, 253, 270.
 Ford (fondation), 196, 242, 308.
 Foucault, Michel, 30, 42, 203, 204, 208, 211-229, 230, 250.
 Frascati (Manuel de), 32, 43, 129.
 Free Software Foundation, 437.
 Freud, Sigmund, 199.
 Friedman, Milton, 198, 243, 245.
 Friedrich, Ernst, 275.
 Fukushima, 16, 390, 394.

G

Gagarine, Youri, 77.
 Galbraith, John Kenneth, 237.
 Galton, Francis, 42, 303, 309, 316.
 Gandhi, Indira, 114.
 Gandhi, Mohandas, 108-110, 117, 122.
 Gates, Bill, 96.
 Geddes, Patrick, 110, 111, 122, 123.
 Geertz, Clifford, 204, 208.
 Geigy, 93, 94.
 Gell-Mann, Murray, 326.
 Genentech, 39, 43.
 General Electric, 87, 301, 426, 427.
 George, David Lloyd, 54.
 GIEC, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 352-354, 399, 412, 413, 415, 416.
 Gödel, Kurt, 341.
 Goffman, Erwing, 203.
 Gore, Al (Albert Arnold Gore, dit), 399, 412.
 Greenpeace, 134, 386, 412.

H

Haavelmo, Trygve, 348, 356.
 Haeckel, Ernst, 276.
 Halbwachs, Maurice, 198.
 Hamilton, Alice, 147, 148, 163.
 HapMap Project, 268.
 Hauser, Henri, 189, 209.
 Hawking, Stephen, 41, 44.
 Hays, Willet M., 157, 163, 307, 385, 396.
 Heisenberg, Werner, 321, 329.
 Helmholtz, Hermann von, 49, 127.
 Heritage Foundation, 16, 132, 141, 142.
 Hiernaux, Jean, 266, 271.
 Higgs, Peter, 167, 319, 327-329, 334.
 Hilbert, David, 341.
 Hippocrate, 145.
 Hiroshima, 41, 50, 63, 179, 183, 324.
 Hofmann, Wilhelm August von, 170.
 Holling, Crawford S., 289, 290, 293.

Hollywood, 179.
 Hueper, Wilhelm, 152, 154, 163, 164.
 Human Genome Diversity Project, 263, 268.

I

Index, 451.
 Isaac, Jules, 61, 64, 197, 209.

J

Jacob, François, 297, 301, 312, 316.
 Johannsen, Wilhelm, 299, 304-306, 308, 309, 315, 316.
 Johnson, Lyndon, 33, 287, 418.
 Joliot-Curie, Frédéric, 62, 64, 167.
 Jünger, Ernst, 47.

K

Kaiser-Wilhelm Gesellschaft, 89, 127, 467.
 Kaiser-Wilhelm Institut, 55, 301.
 Kennedy, John Fitzgerald, 408.
 Keynes, John Maynard, 114, 198, 236, 240, 243, 251, 347, 356.
 Khrouchtchev, Nikita, 77.
 Kodak, 87, 175, 426.
 KSSP, Kerala Sastra Sahitya Parishad, 116.
 Kuhn, Thomas, 19, 22, 34, 43, 204, 209.
 Kuznets, Simon, 239.

L

Langevin, Paul, 61.
 Langmuir, Irving, 404, 427.
 Laue, Max von, 174.
 Lazarsfeld, Paul, 198.
 Levi, Primo, 63, 64.
 Lévi-Strauss, Claude, 22, 202, 208, 216, 218, 230.
 Levitt, Steven, 247.

Lewontin, Richard, 265, 267, 271.
 Livingstone, Frank, 265, 266, 272.
 Los Alamos, 29.
 Lotka, Alfred James, 342.
 Love Canal, 160.
 Lucas, Robert, 246, 251.

M

Mallon, Mary, 361, 362.
 Mandelbrot, Benoît, 350.
 Manhattan (projet), 47, 49, 52, 58, 62, 63, 167, 176, 183, 324.
 Mao Tsé-toung, 447, 448.
 Marcuse, Herbert, 203, 262.
 Marshall, Alfred, 233, 236, 237, 250, 251.
 Marsh, George P., 275, 294.
 Marx, Karl, 22, 199.
 Mather, Kenneth, 253, 265, 272.
 Mauss, Marcel, 198.
 Mayr, Ernst, 312, 316.
 McNamara, Robert, 57.
 Mendel, Gregor, 259, 260, 297-299, 309, 310, 315, 317.
 Merck, 89, 90, 97, 103.
 Merton, Robert, 29, 42, 198, 349, 350.
 Mézières (école du génie de), 464.
 Mills, Charles Wright, 203, 327, 329, 337.
 Monod, Jacques, 297, 301, 312, 313, 316.
 Montagu, Ashley, 265, 271, 272.
 Montréal (protocole de), 65, 138, 400, 406.
 Morgan, Thomas H., 298, 306, 308, 341, 348.

N

Nagasaki, 50, 179, 324.
 NASA, 83.
 Nasdaq, 99, 469, 483.
 National Environmental Policy Act, 288, 386.
 Natural Capital Project, 292.

Nehru, Jawaharlal, 107, 113, 114.
 Nernst, Walther, 55.
 Neumann, John von, 60, 343, 344, 405, 417, 420.
 New Deal, 241, 279, 282, 343.
 Newton, Isaac, 41, 463.
 NIH, National Institute of Health, 40, 96, 387.
 Nkrumah, Kwame, 107.
 NRC, National Research Council, 51, 387, 388, 396.
 NSF, National Science Foundation, 32, 34, 37, 44, 387, 430, 434.
 NTRS, National Technology Roadmap for Semiconductors, 436.

O

Oak Ridge (laboratoire national d'), 29, 180, 285, 293.
 OCDE, Organisation de coopération et de développement économiques, 32, 37, 129, 133, 386, 387, 389.
 Odum, Eugen P., 275, 284, 285, 294.
 Oliver, Thomas, 147, 148, 164.
 OMI, Organisation météorologique internationale, 401, 405.
 OMM, Organisation météorologique mondiale, 405, 406, 408, 409, 412.
 OMS, Organisation mondiale de la santé, 133, 142, 263, 272, 387, 471.
 Oppenheimer, Robert, 28, 29, 30, 44, 63, 65, 505.
 OSRD, Office of Scientific Research and Development, 32, 36.

P

Painlevé, Paul, 47.
 Pareto, Vilfredo, 197, 198, 350.
 Parsons, Talcott, 197, 202, 209.
 Pasteur, Louis, 102, 145, 301, 316, 474.
 Pauling, Linus, 63, 170, 174.

Pearl Harbor, 33.
 PPST, groupe pour la Science et la technologie de la patrie et du peuple, Inde, 116.
 Price, Derek John de Solla, 33-35, 44.
 Programme biologique international, 286.

R

RAINS (modèle), 356.
 RAND Corporation, 129.
 Reagan, Ronald, 56, 79, 161, 346, 411, 434.
 Reclus, Élisée, 275, 294.
 REDD, Réduction des émissions liées au déboisement et à la dégradation des forêts dans les pays en développement, 471.
 Rio (conférence de), 311, 346, 413, 418.
 Rockefeller (fondation), 42, 196, 262, 301, 316.
 Roosevelt, Franklin D., 11, 31, 51, 283, 429.
 Rorty, Richard, 204.
 Ross, Edward, 196, 209, 238, 251, 385, 397.
 Rotblat, Józef, 63.
 Russell, Bertrand, 61, 63, 196, 341, 453, 454, 458.
 Rutherford, Ernest, 30, 251, 324.

S

SAGE, 432.
 Saha, Meghnad, 112, 113.
 Sakharov, Andreï, 63.
 Salam, Abdul, 327.
 Samuelson, Paul, 198, 243.
 Sanger, Margaret, 364, 371.
 Sanghvi, L.D., 263, 265, 268, 272.
 Santa Fe Institute, 288, 315.
 Schering, 89, 90, 93, 102-104.
 Schieman, Elisabeth, 260, 261, 272.

Schrödinger, Erwin, 313, 321, 333.
 Schumacher, Fritz, 114, 122.
 Servier, 85, 86.
 Shanghai (classement de), 131.
 Sherman (loi), 426, 429.
 Shiva, Vandana, 115, 121, 123.
 Shockley, William, 431.
 Shull, George H., 306.
 Sierra Club, 412.
 SIG, Systèmes d'informations géographiques, 291, 292.
 Silicon Valley, 12, 138, 142, 432, 433, 435, 438, 439, 476, 503.
 Simiand, François, 193.
 Simon, Herbert, 198.
 Skinner, Burrhus F., 189, 195, 206.
 Smith, Adam, 42, 43, 87, 103, 163, 233, 426, 427, 431, 439.
 Smuts, Jan C., 278.
 Snow, Charles P., 30, 35, 44.
 Starr, Frederick, 275, 294.
 Steelman, John R., 32-36, 44.
 Steinbeck, John, 283.
 Stern (rapport), 353, 416, 421.
 Stockholm (conférence de), 250, 345, 406.
 Sturtevant, Alfred H., 297, 308, 317.
 Svalöf (Station de sélection végétale de), 308.
 Svedberg, Theodor, 301.
 Szilard, Leo, 62.

T

Tagore, Rabindranath, 110, 117, 123.
 Tarde, Gabriel, 189.
 Tarski, Alfred, 341.
 Tatum, Edward L., 311.
 Tchernobyl, 16, 138, 139, 167, 175, 224, 390, 391.
 Teisserenc de Bort, Léon, 401.
 Tela Botanica, 136, 137.
 Thatcher, Margaret, 79, 82, 346, 412.

TIP, Traité d'interdiction partielle des
essais nucléaires, 404.

Tomonaga, Sin-Itiro, 325.

Truman, Harry S., 32, 62, 107, 183, 324.

U

USDA, US Department of Agriculture,
301, 307.

V

Van der Pol, Balthasar, 342.

Varga (institut), 236.

Vavilov, Nikolai, 120, 261, 273, 311, 317.

Venter, John Craig, 27, 40, 41, 44, 45, 96.

Vidal de La Blache, Paul, 18, 191.

Vienne (cercle de), 19, 341, 343, 356.

Vienne (Convention de), 406, 413.

Vilmorin, Philippe de, 304.

Volker, Paul, 103.

Volterra, Vito, 342.

W

Wallace, Alfred, 108, 111, 120, 123.

Walras, Léon, 235, 237, 243.

Warming, Eugenius, 142, 278, 295, 356,
418, 419, 421, 502.

Watson, James D., 297, 298.

Watson, John B., 195, 209.

Watt, Kenneth, 286, 295.

Weaver, Warren, 60, 301.

Webber, Herbert J., 306, 307.

Weber, Max, 22, 29, 194, 197, 199.

Weinberg, Steven, 30, 34, 45, 319, 327,
328, 330.

Weismann, August, 259, 304, 305, 309,
310, 317.

Weissenberg, Samuel, 262, 273.

Wells, Herbert George, 50.

Whitehead, Alfred North, 341.

Wiener, Norbert, 284, 343, 344.

Wiley, Harvey, 42, 153, 164, 251, 420.

Wilson, Kenneth, 51, 330.

Wittgenstein, Ludwig, 204.

WWF, World Wildlife Fund, 134, 291.

TABLE

INTRODUCTION AU TOME 3 :	
LE SIÈCLE DES TECHNOSCIENCES (DEPUIS 1914)	
PAR CHRISTOPHE BONNEUIL ET DOMINIQUE PESTRE.....	9

PREMIÈRE PARTIE

SCIENCES, ÉCONOMIES, SOCIÉTÉS

1. FIGURES DE SCIENTIFIQUES	
PAR STEVEN SHAPIN.....	27
2. SCIENCES ET GUERRES	
PAR ANNE RASMUSSEN.....	47
3. L'ÉTAT ENTREPRENEUR DE SCIENCE	
PAR DAVID EDGERTON.....	67
4. UNE MANIÈRE INDUSTRIELLE DE SAVOIR	
PAR JEAN-PAUL GAUDILLIÈRE.....	85
5. SCIENCES ET SAVOIRS DANS L'ÉTAT DÉVELOPPEMENTISTE	
PAR SHIV VISVANATHAN.....	107
6. LES SAVOIRS DU SOCIAL	
PAR DOMINIQUE PESTRE.....	125
7. UN SIÈCLE TOXIQUE.	
L'ÉMERGENCE DE LA « SANTÉ ENVIRONNEMENTALE »	
PAR LINDA NASH.....	145
8. LE SIÈCLE DE L'ATOME EN IMAGES	
PAR CHARLOTTE BIGG.....	167

DEUXIÈME PARTIE
CHAMPS DE SCIENCES

9. L'AVÈNEMENT DES SCIENCES SOCIALES PAR JACQUES REVEL	189
10. FOUCAULT ET LES TRANSFORMATIONS DU BIOPOUVOIR PAR SARAH FRANKLIN	211
11. LES SAVOIRS DE L'ÉCONOMIE PAR TIMOTHY SHENK ET TIMOTHY MITCHELL	233
12. LES SAVOIRS DE LA DIVERSITÉ HUMAINE PAR VERONIKA LIPPHARDT	253
13. L'ÉCOLOGIE. CONNAÎTRE ET GOUVERNER LA NATURE PAR YANNICK MAHRANE	275
14. LE SIÈCLE DU GÈNE PAR CHRISTOPHE BONNEUIL	297
15. LES THÉORIES FONDAMENTALES DE LA MATIÈRE PAR SILVAN S. SCHWEBER ET JEAN-MARC LÉVY-LEBLOND	319
16. MODÈLES. DE LA REPRÉSENTATION À L'ACTION PAR MICHEL ARMATTE ET AMY DAHAN	339

TROISIÈME PARTIE
LES SCIENCES
ET LE GOUVERNEMENT DU MONDE

17. GENRE, CORPS ET BIOMÉDECINE PAR DELPHINE GARDEY	361
18. GOUVERNER UN MONDE CONTAMINÉ. LES RISQUES TECHNIQUES, SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX PAR SORAYA BOUDIA ET NATHALIE JAS	381
19. GOUVERNER LE SYSTÈME TERRE PAR PAUL N. EDWARDS	399
20. MANAGER L'INNOVATION PAR CHRISTOPHE LÉCUYER	423

21. CHINE : LA FABRICATION D'UNE SUPERPUISSANCE TECHNOSCIENTIFIQUE	
PAR CONG CAO.....	441
 CONCLUSIONS GÉNÉRALES DES TROIS TOMES : SAVOIRS ET SCIENCES DE LA RENAISSANCE À NOS JOURS. UNE LECTURE DE LONGUE DURÉE	
PAR DOMINIQUE PESTRE	461
 INDEX.....	487
 LES AUTEURS	501
 CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES ET SOURCES.....	507

Les auteurs

MICHEL ARMATTE

Statisticien et économiste, maître de conférences à l'université Paris-Dauphine et chercheur au Centre Alexandre-Koyré. Il travaille sur l'histoire et la préhistoire de l'économétrie et s'intéresse depuis une dizaine d'années aux modèles et scénarios du changement climatique. Il a notamment écrit *La Science économique comme ingénierie. Quantification et modélisation* (Presses des Mines, 2010).

CHARLOTTE BIGG

Chargée de recherche au CNRS, au Centre Alexandre-Koyré. Ses travaux portent sur la circulation des savoirs et des pratiques entre milieux scientifiques, industriels et espaces publics aux XIX^e et XX^e siècles. Elle a notamment publié *Atombilder. Ikonografie des Atoms in Wissenschaft und Öffentlichkeit des 20. Jahrhunderts* (Wallstein, 2009).

CHRISTOPHE BONNEUIL

Chargé de recherche au CNRS, au Centre Alexandre-Koyré. Il s'intéresse aux transformations conjointes des savoirs biologiques et des formes de gouvernement de la nature et de l'agriculture. Il a notamment publié *Gènes, pouvoirs et profits* (Quæ, 2009, avec Frédéric Thomas), *Sciences, techniques et société* (La Découverte, 2013), et *L'Événement Anthropocène. La Terre, l'histoire et nous* (Seuil, 2013, avec Jean-Baptiste Fressoz).

SORAYA BOUDIA

Historienne et sociologue des sciences et des techniques, professeure à l'université Paris Descartes. Ses travaux portent sur la thématique science et politique, notamment sur les transformations du gouvernement des risques techniques, sanitaires et environnementaux. Elle a publié *Toxicants, Health*

and Regulation since 1945 (Pickering & Chatto, 2013, avec Nathalie Jas) et dirigé *Powerless Science? Science and Politics in a Toxic World* (Berghahn Books, 2014, avec Nathalie Jas).

CONG CAO

Sociologue, professeur à la School of Contemporary Chinese Studies de l'université de Nottingham. Il est spécialiste du système des relations entre science, innovation, État et industrie en Chine et auteur de *China's Scientific Elite* (RoutledgeCurzon, 2004), et de *China's Emerging Technological Edge: Assessing the Role of High-End Talent* (Cambridge University Press, 2009, avec Denis Fred Simon)

AMY DAHAN

Directrice de recherche émérite au CNRS, au Centre Alexandre-Koyré. Mathématicienne et historienne des sciences, ses travaux se sont portés depuis quinze ans sur les sciences, l'expertise et la gouvernance du changement climatique. Elle est notamment l'auteure de *Les Sciences pour la guerre (1940-1960)* (Éd. de l'EHESS, 2004, avec Dominique Pestre), *Les Modèles du futur* (La Découverte, 2007) et de *Gouverner le climat? 20 ans de négociations climatiques* (Presses de Sciences Po, 2015, avec Stefan Aykut).

DAVID EDGERTON

Professeur d'histoire des sciences et des techniques au King's College de Londres où il dirige le Centre for the History of Science, Technology and Medicine. Il a notamment publié *Warfare State: Britain (1920-1970)* (Cambridge University Press, 2005), *Britain's War Machine: Weapons, Resources and Experts in the Second World War* (Allen Lane, 2011) et *Quoi de neuf? Du rôle des techniques dans l'histoire globale* (Seuil, 2013).

PAUL N. EDWARDS

Professeur à la School of Information et au département d'histoire de l'université du Michigan. Il explore l'histoire, la politique et les aspects culturels des ordinateurs, des infrastructures d'information et communication et les sciences du climat global. Il a écrit *The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America* (MIT Press, 1997) et *A Vast Machine: Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming* (MIT Press, 2010).

SARAH FRANKLIN

Professeure de sociologie à l'université de Cambridge. Elle explore depuis vingt ans les enjeux de genre et l'anthropologie de la technologie de la procréation assistée. Elle a publié *Embodied Progress: A Cultural Account of Assisted Conception* (Routledge, 1997), *Dolly Mixtures: The Remaking of Genealogy* (Duke University Press, 2007), et *Biological Relatives: IVE, Stem Cells, and the Future of Kinship* (Duke University Press, 2013).

DELPHINE GARDEY

Professeure d'histoire à l'université de Genève et directrice des Études genre. Ses travaux portent sur l'histoire du travail, des techniques et des relations de genre. Elle a écrit *Écrire, calculer, classer. Comment une révolution de papier a transformé les sociétés contemporaines (1800-1940)* (La Découverte, 2008), *Le féminisme change-t-il nos vies ?* (Textuel, 2011) et *Le Linge du Palais-Bourbon. Corps, matérialité et genre du politique à l'ère démocratique* (Le Bord de l'Eau, 2015).

JEAN-PAUL GAUDILLIÈRE

Directeur de recherche à l'Inserm et directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales. Il dirige le Cermes3. Spécialiste de l'histoire des sciences, et des politiques et industries biomédicales, il a publié *Inventer la biomédecine. La France, l'Amérique et la production des savoirs du vivant après 1945* (La Découverte, 2002) et *La Médecine et les sciences (xix^e-xx^e siècle)* (La Découverte, 2006).

NATHALIE JAS

Chargée de recherche à l'INRA et directrice de l'unité de recherche RiTME. Ses travaux portent sur la gestion des problèmes de santé publique posés par les pesticides et les productions chimiques, avec une attention particulière pour la période 1945-2010. Elle a publié *Toxicants, Health and Regulation since 1945* (Pickering & Chatto, 2013, avec Soraya Boudia) et dirigé *Powerless Science? Science and Politics in a Toxic World* (Berghahn Books, 2014, avec Soraya Boudia).

CHRISTOPHE LÉCUYER

Professeur d'histoire des sciences et des techniques à l'université Pierre-et-Marie-Curie à Paris. Il travaille sur l'histoire de l'innovation, de l'informatique, des nouvelles technologies et des relations industrie-universités. Il a publié *Making Silicon Valley: Innovation and the Growth of High Tech (1930-1970)*

(MIT Press, 2006) et *Makers of the Microchip: A Documentary History of Fairchild Semiconductor* (MIT Press, 2010, avec David C. Brock).

JEAN-MARC LÉVY-LEBLOND

Physicien, épistémologue et essayiste, professeur émérite de l'université de Nice. Auteur de plusieurs ouvrages de réflexion critique sur la science contemporaine, il dirige la collection « Science ouverte » au Seuil, ainsi que la revue *Alliage (culture, science, technique)*.

VERONIKA LIPPHARDT

Professeure d'étude des sciences et des technologies à l'université de Fribourg-en-Brisgau et associée à l'Institut Max-Planck pour l'histoire des sciences. Spécialiste des savoirs sur les « races » et la diversité humaine, elle est l'auteure de *Biologie der Juden. Jüdische Wissenschaftler über « Rasse » und Vererbung (1900-1935)* (Vandenhoeck & Ruprecht, 2008).

YANNICK MAHRANE

Doctorant en histoire des sciences à l'École des hautes études en sciences sociales, au Centre Alexandre-Koyré. Ses recherches explorent l'histoire de l'écologie et de la protection de la nature, de l'âge des empires à celui du développement durable.

TIMOTHY MITCHELL

Professeur d'études moyen-orientales à l'université Columbia. Politologue et spécialiste de l'histoire de l'Égypte et du Moyen-Orient au XIX^e-XX^e siècle. Ces dernières années, il a exploré les bases énergétiques des arrangements politiques et l'histoire des savoirs économiques. Il a écrit *Rule of Experts: Egypt, Techno-Politics, Modernity* (University of California Press, 2002) et *Carbon Democracy. Le pouvoir politique à l'ère du pétrole* (La Découverte, 2013).

LINDA NASH

Professeure d'histoire à l'université de Washington où elle dirige le Center for the Study of the Pacific Northwest. Ses travaux portent sur l'histoire de la médecine et de l'environnement. Elle est notamment l'auteure d'*Inescapable Ecologies: A History of Environment, Disease, and Knowledge* (University of California Press, 2006).

DOMINIQUE PESTRE

Directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales, au Centre Alexandre-Koyré. Après avoir travaillé sur l'histoire de la physique et les relations entre sciences et guerre, il s'intéresse aux transformations des régimes de savoir et à une réflexion historiographique et théorique sur les sciences en société. Il est l'auteur de *Heinrich Hertz. L'administration de la preuve* (PUF, 2002, avec Michel Atten), *Science, argent et politique* (Quæ, 2003) et *À contre-science* (Seuil, 2013).

ANNE RASMUSSEN

Maître de conférences en histoire des sciences à l'université de Strasbourg. Spécialiste de l'internationalisation des sciences, de la médecine et des relations entre sciences et guerres, elle a notamment dirigé *Vrai et faux dans la Grande Guerre* (La Découverte, 2004, avec Christophe Prochasson), *Histoire et médicament aux XIX^e et XX^e siècles* (Glyphes, 2005, avec Christian Bonah) et *Dans la guerre 1914-1918. Accepter, endurer, refuser* (Les Belles Lettres, 2015 avec Nicolas Beaupré et Heather Jones).

JACQUES REVEL

Historien, directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales et professeur émérite à New York University. Il a notamment dirigé *Jeux d'échelle* (Seuil-Gallimard, 1996), *Penser par cas* (Éd. de l'EHESS, 2005, avec Jean-Claude Passeron), et publié *Un parcours critique* (Galaade, 2006).

SILVAN S. SCHWEBER

Professeur émérite de physique et Richard Koret Professor en histoire des idées à l'université Brandeis. Il travaille sur la théorie quantique de la mesure, la théorie des champs, la visualisation des processus élémentaires. Il a publié *QED and the Men Who Made It: Dyson, Feynman, Schwinger, and Tomonaga* (Princeton University Press, 1994), *In the Shadow of the Bomb: Oppenheimer, Bethe, and the Moral Responsibility of the Scientist* (Princeton University Press, 2000) et *Nuclear Forces: The Making of the Physicist Hans Bethe* (Harvard University Press, 2012).

STEVEN SHAPIN

Professeur d'histoire des sciences à Harvard. Il est notamment l'auteur de *Léviathan et la pompe à air. Hobbes et Boyle entre science et politique* (La Découverte, 1993, avec Simon Schaffer), de *Science Incarnate: Historical Embodiments of Natural Knowledge* (University of Chicago Press, 1998, avec

Christopher Lawrence), de *La Révolution scientifique* (Flammarion, 1998) et de *The Scientific Life: A Moral History of a Late Modern Vocation* (University of Chicago Press, 2008).

TIMOTHY SHENK

Doctorant en histoire à l'université Columbia. Il prépare une thèse sur *Inventing the American Economy (1917-1981)* qui explore l'émergence de l'économie conjointement comme objet de savoir économique et comme objet d'intervention au xx^e siècle. Il est l'auteur de *Maurice Dobb: Political Economist* (Palgrave Macmillan, 2013).

SHIV VISVANATHAN

Professeur à l'O.P. Jindal Global University, Sonipat (Inde). Explorant les relations entre sciences, savoirs et État développementaliste et les questions de pluralité des savoirs et de justice cognitive, il est l'auteur d'*Organizing for Science* (Oxford University Press, 1985) et de *A Carnival for Science* (Oxford University Press, 1997).

Crédits photographiques et sources

Page 8 : L. Berkhouse, S.E. Davis, F.R. Gladeck, J.H. Hallowell, C.B. Jones, E.J. Martin, F.W. McMullan, M.J. Osborne, «Operation Greenhouse : 1951, *United States Atmospheric Nuclear Weapons Tests Nuclear Test Personnel Review*, Washington, DC, Defense Nuclear Agency, 1983. © Cliché nr. 342_FH-3B-44430-45903AC, US National Archives and Records Administration.

Page 26 : En haut Keystone ; en bas © Getty images/The Age.

Page 46 : © Paris-Musée de l'Armée, Dist. RMN-Grand Palais, Paris/Anne-Sylvaine Marre-Noël.

Page 66 : Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA.

Pages 84 : © Novartis (archives Geigy).

Pages 106 : © Getty images/Dinodia Photos.

Page 124 : © Diybio.org.

Page 136 : © ESA-C. Carreau.

Page 144 : © Los Angeles Public Library.

Page 166 : © Las Vegas News Bureau.

Page 170 : Linus Pauling et Roger Hayward, *The Architecture of Molecules*, San Francisco (CA), W.H. Freeman & Co., 1964. © Coll. part.

Page 172 : D.M. Eigler et E.K. Schweizer, « Positioning Single Atoms with a Scanning Tunnelling Microscope », *Nature*, vol. 344, 5 avril 1990, p. 524-526. © Coll. part.

Page 174 : Max von Laue, « Les phénomènes d'interférences des rayons de Röntgen produits par le réseau tridimensionnel des cristaux », *La Structure de la matière. Rapports et discussions du conseil de physique tenu à Bruxelles du 27 au 31 octobre 1913 sous les auspices de l'Institut international de physique Solvay*, Paris, Gauthier-Villars, 1921, p. 75-112. © Coll. part.

Page 178 : US National Archives and Records Administration.

Pages 188 : © BSIP/Sam Falk.

Page 201: En haut : Gérard Delille, *Le Maire et le Prieur. Pouvoir central et pouvoir local en Méditerranée occidentale (xv^e-xviii^e siècle)*, Paris, EHESS, 2003, p. 329. En bas, Alain Cottureau, Mokhtar Mohatar Marzok, *Une famille andalouse. Ethnocomptabilité d'une économie invisible*, Paris, Bouchène, 2011, p. 297.

Page 210 : © Laurent Valère, *Memorial Cap 110*, Anse Caffard. © Adagp, Paris, 2015.

Page 221 : © National Museums Scotland, Édimbourg.

Page 232 : © Science Museum / Science & Society Picture Library, Londres.

Page 252 : Katrin von Lehmann, *World Citizen* (détail), 2013. © Adagp, Paris, 2015.

Page 274 : Avec l'aimable autorisation de Hargrett Rare Book and Manuscript Library / University of Georgia Libraries.

Page 282 : F.E. Clements et G.W. Goldsmith, *The Phytometer Method in Ecology*, Carnegie Institution of Washington, 1920. © Coll. part.

Page 296 : « Sensational study of heredity may produce a new race of man », dans *Popular Science*, novembre 1934. © Coll. part.

Page 318 : © CERN.

Page 338 : D'après *Earth System Science Overview: A Program for Global Change* (NASA Science Advisory Committee, 1986, p. 19).

Page 360 : © Bettmann/CORBIS.

Page 380 : © The BIT ROT Project / Valentino Bellini.

Page 398 : © NASA.

Page 422 : © Coll. part.

Page 440 : © Coll. part., avec l'aimable autorisation de Jianli Kan.

Page 459 : À gauche, aérostat, 1783 © Rue des Archives/PVDE. Au milieu : Crystal Palace, 1851 © Bridgeman Art Library. À droite, Operation Greenhouse, 1951 © NARA.



RÉALISATION : PAO ÉDITIONS DU SEUIL
IMPRESSION : NORMANDIE ROTO IMPRESSION S.A.S. À LONRAI
DÉPÔT LÉGAL : OCTOBRE 2015. N° 107678 ()
IMPRIMÉ EN FRANCE

Du pouvoir de l'atome au consumérisme high-tech, de la guerre à la médecine et à l'agriculture, du pilotage de l'innovation et la gestion du social à la surveillance du climat, rares sont les fragments de notre réalité qui n'ont pas été transformés par les sciences, les techniques et les savoirs au cours de ce dernier siècle.

Le troisième tome de cette *Histoire des sciences et des savoirs* nous fait entrer dans les coulisses des mondes universitaires, administratifs et économiques. Il explore la fabrique des savoirs, éclaire leur mise en économie, la manière dont les questions sanitaires et écologiques sont gérées, comme la diversité des connaissances produites par les amateurs, les associations et les *think tanks*.

Un tome novateur écrit par les meilleurs spécialistes et qui donne toute la mesure des sciences et des savoirs dans notre monde contemporain – pour le meilleur... et pour le pire.

Dominique Pestre est directeur d'études à l'EHESS, au Centre Alexandre-Koyré. Après avoir travaillé sur l'histoire de la physique et les relations entre sciences et guerre, il s'intéresse aux transformations des régimes de savoirs et à une réflexion historiographique et théorique sur l'étude des sciences en société. Il a récemment publié *À contre-science* (Seuil, 2013).

Christophe Bonneuil est chargé de recherche au CNRS, au Centre Alexandre-Koyré. Il étudie les transformations conjointes des savoirs biologiques et des formes de gouvernement de la nature et de l'agriculture. Il a récemment publié *L'Événement Anthropocène* (Seuil, 2013, avec J.-B. Fressoz).

AVEC LES CONTRIBUTIONS DE M. ARMATTE, C. BIGG, C. BONNEUIL, S. BOUDIA, C. CAO, A. DAHAN, D. EDGERTON, P.N. EDWARDS, S. FRANKLIN, D. GARDEY, J.-P. GAUDILLIÈRE, N. JAS, C. LÉCUYER, J.-M. LÉVY-LEBLOND, V. LIPPHARDT, Y. MAHRANE, T. MITCHELL, L. NASH, D. PESTRE, A. RASMUSSEN, J. REVEL, S. SCHWEBER, S. SHAPIN, T. SHENK, S. VISVANATHAN



www.seuil.com

Couverture : Des personnalités observent l'explosion de la bombe nucléaire Greenhouse Dog depuis le patio du Beach Club des officiers de l'île de Parry, avril-mai 1951. © NARA.
ISBN 978.2.02.107678.3/Imprimé en France 10.15



38 €