



HAL
open science

Du bon usage du terrorisme. Risque, biosécurité et gouvernement d'une biotechnologie contestée

Sara Angeli Aguiton

► **To cite this version:**

Sara Angeli Aguiton. Du bon usage du terrorisme. Risque, biosécurité et gouvernement d'une biotechnologie contestée. Gouvernement & action publique, 2015. hal-02009621

HAL Id: hal-02009621

<https://hal.science/hal-02009621>

Submitted on 6 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Du bon usage du terrorisme. Risque, biosécurité et gouvernement d'une biotechnologie contestée

Sara Angeli Aguiton¹

Résumé

Depuis 2001, les menaces biologiques sont devenues un objet de la prévention du terrorisme pour l'administration états-unienne. Cette préoccupation a croisé la trajectoire d'une discipline scientifique émergente, la biologie synthétique, qui ambitionne de créer des organismes qui n'existent pas dans la nature. La synthèse de gènes, un secteur industriel central pour un tel projet, a rapidement généré un ensemble de débats concernant le gouvernement de la science, des gènes-marchandises et de la sécurité nationale. En retraçant ces conflits, également animés par ceux et celles qui contestent les ambitions de la biologie synthétique, l'analyse montre que le risque de bioterrorisme a contribué à légitimer une biotechnologie contestée. Le déplacement du problème induit par les techniques et des projets de la biologie synthétique vers celui des mauvais usages nous apparaîtra comme le site d'élaboration d'un compromis entre régulation sécuritaire pour le bien de la sécurité des États-Unis et régulation libérale des marchandises scientifiques pour le bien de son économie.

MOTS-CLES : BIOLOGIE SYNTHETIQUE – BIOSECURITE – REGULATION – RISQUE – TERRORISME

On the good use of terrorism. Risk, biosecurity and the government of a contested biotechnology

Abstract:

Since 2001, biological threats have become a growing preoccupation for terrorism prevention services in the US administration. This concern met the trajectory of synthetic biology, an emerging field of biotechnology which aims to create organisms that do not exist in nature. Gene synthesis, a core industrial sector for synthetic biology's promises, rapidly raised series of debates concerning the government of science, market and national security. By retracing these conflicts, also fueled by environmental critics against synthetic biology's agenda, the paper shows that the bioterrorist risk contributed to legitimate a contested biotechnology. Displaced from synthetic biology's techniques and projects, the risk got progressively attached to the "misuses" of gene synthesis; allowing the making of a compromise between a national security regulation of behaviors for the sake of US biosecurity and a liberal regulation of commodities for the sake of US economy.

KEY WORDS: BIOSECURITY – REGULATION – RISK – SYNTHETIC BIOLOGY – TERRORISM

¹ Je remercie le comité de rédaction de la revue *Gouvernement et Action Publique* et les relecteur(trice)s anonymes pour leurs précieux commentaires. Mes remerciements vont également à Olivier Borraz, Sophie Dubuisson-Quellier, Didier Demazière, David Santana, Jean-Noël Jouzel, Benjamin Raimbault, Sara Tocchetti, Clément Marquet et aux participant(e)s au séminaire « article » du Centre de sociologie des organisations.

Instantané. Dans les locaux du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), le 5 novembre 2011 à 20h se termine la première journée du *Jamboree*, célébration de remise des prix de l'*international Genetically Engineered Machine competition* (iGEM). La compétition annuelle de biologie synthétique réunit pour sa huitième édition près de cent soixante-cinq équipes d'étudiants, représentant les universités de plus d'une trentaine de pays. Après une longue journée de présentation de travaux, les couloirs du *Stata Center* se vident progressivement des participant(e)s. Certains sont partis faire la fête dans la ville de Cambridge, d'autres travaillent leur présentation sur les tables éparées du hall, quand près d'une centaine assistent à la conférence « *Safeguarding Science and the Future. Addressing Biosecurity in Synthetic Biology* », donnée par un parrain de la compétition pour le moins inattendu, le *Federal Bureau of Investigation* (FBI). La conférence est organisée lors de chaque édition de la compétition iGEM depuis 2008 et vise à sensibiliser les jeunes scientifiques aux risques de sécurité liés à la biologie synthétique. Elle est animée par l'Agent Spécial Edward You du *Weapon of Mass Destruction Directorate* du FBI, assisté de Piers Millet de la *Biological Weapons Convention* des Nations Unies et de Jessica Tucker du *Department of Health and Human Services*. Si les représentant(e)s de la lutte anti-terrorisme et de la santé publique trouvent bonne hospice dans la fête technoscientifique, c'est qu'ils(elles) ne sont pas là pour y enquêter, mais pour « créer des partenariats avec la communauté ». Leur présentation, qui cherche à être engageante et sympathique, raconte l'histoire de la régulation des gènes synthétiques et invite les jeunes à devenir « proactif(ve)s » et « exemplaires » en matière de biosécurité, à l'image de la communauté scientifique états-unienne.

Cette observation de terrain donne un aperçu des effets de la mise en risque de la biologie synthétique aux États-Unis. Cette discipline scientifique, développée depuis le début des années 2000, a été précocement considérée comme un risque de sécurité nationale, au point de la faire entrer dans le domaine d'intervention du service du FBI dédié aux armes de destruction massive. La biologie synthétique est un domaine de recherche qui mêle des techniques de biologie moléculaire, des principes d'ingénierie et des outils informatiques pour concevoir des micro-organismes qui n'existent pas dans la nature (Fox Keller, 2004 ; Bensaude-Vincent, 2013 ; Raimbault, 2013). Si les promesses d'applications technologiques sont nombreuses et variées (dans les domaines pharmaceutiques, agroalimentaires, énergétiques...) aucune d'entre elles n'a encore vu le jour, et la biologie synthétique prend aujourd'hui principalement la forme de programmes de recherche.

Les États-Unis sont précurseurs dans le domaine, supportant les investigations scientifiques avec d'importants financements publics issus des agences de recherche militaire ainsi que de celles qui soutiennent l'innovation en matière de santé et d'énergie². Ce soutien n'est toutefois pas consensuel. Dans d'autres arènes, la biologie synthétique est contestée pour ses enjeux écologiques et socio-économiques. Elle fait également l'objet de préoccupations réglementaires, les pouvoirs publics cherchant à gouverner ses risques en amont de la réalisation des promesses technologiques escomptées (Angeli Aguiton, 2014). Outre-Atlantique, ce gouvernement précoce des risques a pris pour objet les gènes synthétiques³, leur marchandisation et leur circulation et les a inscrits à l'agenda de la lutte anti-terrorisme. Ces marchandises

² Les recherches en biologie synthétique ont profité de financements ciblés, provenant notamment de la *Defense Advanced Research Project Agency*, la *National Science Foundation* et le *Department of Energy*.

³ Nous emploierons également l'expression « synthèse de gènes », référant à la technologie qui permet leur production industrielle.

scientifiques (Gaudillière, 2010) sont des artefacts essentiels aux projets technologiques de la biologie synthétique.

La problématisation sécuritaire de la biologie synthétique invite à questionner les formes de gouvernement des risques induits par les technosciences émergentes. La mise en risque de la synthèse de gènes est un enjeu sensible pour ce champ de recherche, encore instable et dont les promesses sont fragiles. La communauté scientifique voit en effet les techniques qu'elle emploie, et qu'elle considère centrales pour sa progression, entrer en controverse. Dans un tel contexte, on peut se demander comment cette communauté procède pour s'épargner de trop fortes régulations, pour se construire une légitimité, alors que ses techniques sont progressivement considérées comme des vecteurs de risque pour la sécurité nationale des États-Unis.

Ce questionnement ne doit toutefois pas nous conduire à manier les risques pour la sécurité nationale comme des boîtes noires et à les considérer comme étant naturellement dominants sur d'autres problèmes. Pour éviter ce travers, nous tâcherons de tenir ensemble deux pistes d'investigations. À un premier niveau, nous réfléchirons à la façon dont le cadrage sécuritaire des problèmes de la biologie synthétique interagit avec d'autres types de préoccupations et de critiques. À un second niveau, nous réfléchirons aux effets concrets de cette mise en risque sécuritaire sur les formes de gouvernement de cette technoscience émergente.

Le cadrage des risques est souvent analysé comme le produit de luttes définitionnelles, publiques ou confinées, qui déterminent la nature et les frontières du problème ainsi que les moyens à privilégier pour le prendre en charge (Borraz, 2008 ; Gilbert, 2003 ; Gilbert, Henry, 2012). Des opérations concurrentes de mise en risque peuvent être menées par différents acteurs (autorités publiques, chercheurs, industriels, associatifs...), cherchant à positionner les technologies dans diverses trames de justification, de régulation et de critique (Gaudillière, Joly, 2006 ; Bonneuil, 2010).

Ces trames concurrentes n'affectent pas seulement le sort réglementaire des technologies émergentes. Plus profondément, elles invitent à interroger les relations qu'entretiennent la mise en risque et la fabrique de l'ontologie des objets ainsi problématisés. Suivant Jane Calvert et Pierre-Benoît Joly (2011), nous montrerons que la nature des objets biologiques n'est pas imperméable au travail définitionnel de régulations que l'on considérerait *a priori* comme extrascientifique. Une telle perspective encourage à radicaliser la thèse de la construction cognitive des problèmes – qui invite à prêter attention aux savoirs qui objectivent les risques (Gilbert, Henry, 2012) – pour suggérer que la mise en risque pèse aussi sur la façon dont des objets scientifiques émergents sont qualifiés, dotés de propriétés et stabilisés. Et, parce que les objets qui nous intéresseront sont des marchandises scientifiques, cette stabilisation ontologique et réglementaire ne nous apparaîtra d'ailleurs pas distincte d'une stabilisation industrielle et marchande : elle est nécessaire aux routines politiques et industrielles du commerce des marchandises à risques.

Si nous nous pencherons sur les « effets ontologiques » des problèmes associés aux gènes synthétiques, nous nous intéresserons également aux rapports de pouvoir qui habitent la mise à l'agenda des risques (Henry, 2011). L'analyse des opérations de confinement et de déconfinement (Dewey, 1954) des problèmes de la biologie synthétique nous conduira ainsi à interroger, du point de vue de la fabrique des risques, les inégalités entre acteurs scientifiques, industriels, contestataires et institutionnels. Cette piste d'investigation nous permettra de documenter l'emploi de la menace bioterroriste comme instrument de rétrécissement des problèmes débattus. Dès lors, la mise en risque nous paraîtra fonctionner en tant que telle comme une *ressource* dont les acteurs font usage pour peser dans les rapports de force qui les opposent.

Cette mise en risque sécuritaire n'est toutefois pas sans conséquences pour les acteurs ayant défendu ce cadrage et offre un cas particulièrement riche pour analyser le chevauchement, les frictions et les conciliations opérées entre différents modes de gouvernement de l'innovation technologique et de la sécurité nationale (Mallard *et al.*, 2006 ; Mallard, 2006 ; Krige, 2014). Le poste d'observation que constitue la biologie synthétique nous permettra d'analyser la fabrique d'une équation à trois variables « science – sécurité nationale – marché », qui participe à un mouvement plus général décrit par John Krige : la sécurité nationale et la privatisation des connaissances constituent les « deux révolutions [qui] transforment l'entreprise de la recherche dans l'académie états-unienne » (à paraître). L'articulation de ces logiques de gouvernement libérales et sécuritaires n'est en rien évidente, et cet article propose d'en retracer la fabrique autour d'un cas concret.

Pour cela, nous commencerons par nous pencher sur l'émergence de préoccupations politiques concernant l'usage terroriste des biotechnologies. C'est dans ce contexte que la biologie synthétique entre en scène, qu'elle entre en risque, *via* l'une de ses techniques : la synthèse de gènes. Nous retracerons la mise en risque des gènes synthétiques, une technologie complexe, jusqu'alors confinée et invisible dans l'espace public. Cette piste nous mènera dans une controverse en réalité bien plus étendue, notamment nourrie par l'organisation contestataire ETC Group. Nous verrons ensuite comment les arènes scientifiques, industrielles, mais aussi celle de la puissance publique, ici incarnée dans le FBI et dans l'administration de la santé publique, le *Department of Health and Human Services*, ont contribué à une redéfinition du risque et des objets de la biologie synthétique : d'abord associé à la technologie de la synthèse génétique, le risque est progressivement attaché aux pratiques marchandes et aux comportements malveillants.

Ces conclusions trouvent leur origine dans un travail de terrain mené aux États-Unis pendant six mois durant l'année 2011. À cette occasion, les arènes impliquées dans cette controverse furent observées et des entretiens ont été menés avec une dizaine d'acteurs et actrices scientifiques, industriel(le)s, contestataires et administratif(ve)s qui ont pris part aux débats. Ce travail s'appuie également sur l'analyse de sources secondaires (articles académiques, articles de presse généraliste, rapports, textes législatifs). Les épisodes qui structurent l'article ont été choisis du fait de la signification qu'ils ont pour les acteurs et actrices entretenu(e)s, mais aussi parce qu'ils rendent compte de différents moments de la controverse : mise en risque, lutte de cadrage, déplacement et rétrécissement du problème, jusqu'à la mise en place des dispositifs de gestion des risques induits par les gènes synthétiques.

Le devenir-menace des biotechnologies

Sous la présidence Clinton (1993-2001), le risque de bioterrorisme bénéficie d'un grand intérêt pour la Maison Blanche, donnant lieu à un rapprochement sans précédent entre les services de la sécurité nationale et ceux de la santé publique (Zylberman, 2013 ; Kelle, 2005). Mais, c'est suite aux événements de septembre 2001, et notamment aux envois de courriers imprégnés d'anthrax, que le bioterrorisme obtient une attention centrale. Les courriers d'anthrax ont profondément marqué la conscience publique et l'administration états-unienne, étant destinés à des sénateurs et centres de média, pour un bilan de cinq morts et dix-sept blessés. Cet événement a également été interprété comme ayant « précipité l'émergence d'une nouvelle

forme de sécurité appelée la biosécurité » (Deziel, 2008). La biosécurité⁴ est dès lors devenue un nouveau label d'intervention publique, basé sur les menaces pour la vie ou ayant le vivant pour vecteur de propagation. Dans cette rationalité, les « menaces biologiques » ont une place de choix.

Les États-Unis n'ont toutefois pas attendu les lettres imprégnées d'anthrax pour se préoccuper des risques biologiques. Les activités savantes, techniques et industrielles qui touchent au biologique sont normées par des régulations multiples et éparées relevant tant des compétences des services de la santé publique, de la consommation et de l'environnement, qu'aux administrations en charge de l'agriculture, du commerce et de la sécurité nationale.

Instances ⁵ et instruments	Objet régulé	Secteur régulé		Cadrage de la régulation		Espace politique régulé	
		<i>Recherche Publique</i>	<i>Secteur privé</i>	<i>Sanitaire/ Environnemental</i>	<i>Sécuritaire</i>	<i>Domestique</i>	<i>International</i>
NIH Guidelines	Recherche (sûreté et confinement des laboratoires, accès aux matériaux)	X		X		X	
EPA Regulation	Production et marchandise		X	X		X	X
USDA APHIS Regulation	Production et marchandise						
FDA Regulation	Marchandise		X	X		X	
Dept of Commerce (Deemed) Export Control	Savoirs, agents biologiques et toxines, technologies de laboratoire	X	X		X		X
Select Agent Rules (HHS, USDA)	Agents biologiques et toxines	X	X	X	X	X	
Australian Group Guidelines (Multilatéral)	Savoirs, agents biologiques et toxines, technologies de laboratoire	X	X		X		X
HHS Synthesis Screening Guidance	Marchandise (séquences d'ADN)		X		X	X	X

⁴ Dans cet article, nous entendons la « biosécurité » dans un sens réduit, correspondant aux titres institutionnels donnés à la prévention des menaces biologiques. Pour une discussion du concept, se reporter aux réflexions de Collier *et al.* (2004).

⁵ NIH : National Institute of Health ; EPA : Environmental Protection Agency ; USDA APHIS : United States Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service ; FDA : Food and Drug Administration ; HHS : Department of Health and Human Services.

Tableau A. Les réglementations des substances biologiques aux États-Unis (compilées à partir de Bar-Yam *et al.* (2012)). La ligne grisée correspond à la réglementation des séquences d'ADN de synthèse, constituée en 2011.

Ce tableau recoupe des réglementations très variées, excédant largement le cadre de cet article⁶. La compilation qu'il propose permet principalement de souligner la multiplicité des cadres réglementaires qui entourent les pratiques de recherche, les activités industrielles et la circulation des matériaux biologiques. Sans prétendre à l'exhaustivité, on peut distinguer plusieurs frontières réglementaires autour desquelles la régulation des savoirs et matériaux biologiques s'organise : celle qui distingue la recherche publique et le secteur privé, celle qui vise à protéger la santé publique et l'environnement ou la sécurité nationale, celle qui s'applique au sein de l'espace domestique états-unien ou qui porte sur l'international.

Ce paysage réglementaire n'est en rien statique. Suite aux événements de 2001, un mouvement de régulation ferme des activités de recherche biologique se met en place. Le *Patriot Act* de 2001 encadre strictement les conditions d'accès à certains agents biologiques, notamment au regard du casier judiciaire des chercheurs. En 2002, le *Bioterrorism Preparedness and Response Act* « ajoute à ces restrictions une logique d'archivage et de contraintes croissantes sur les laboratoires qui possèdent les agents biologiques concernés : réclamant la mise en place de mesures de sécurité physique augmentées pour le traitement de ces agents, ainsi qu'une vérification par le FBI des antécédents des personnes qui y ont accès, incluant le contrôle des empreintes digitales » (Reppy, 2003, p. 40-41).

La mise en place d'un pouvoir discrétionnaire de l'administration fédérale sur la recherche en biologie se trouve toutefois freinée dans les années suivantes, notamment par l'intervention du *Committee on Research Standards and Practices to Prevent the Destructive Application of Biotechnology* (le « Comité Fink » du nom du généticien Gerald Fink qui en a la présidence). En 2004, le comité Fink publie un rapport retentissant : *Biotechnology Research in an Age of Terrorism: Confronting The Dual Use Dilemma*. Le comité propose une nouvelle acception des risques induits par les biotechnologies et leur adosse un dilemme réglementaire et moral : « les biotechnologies représentent un dilemme "dual" par lequel une même technologie peut être employée légitimement pour améliorer la condition humaine et mal employée pour du bioterrorisme » (Fink, 2004, p. 1).

Cette acception morale de ce que constitue une technologie duale est alors en construction au sein de plusieurs espaces politiques. Depuis la Seconde Guerre mondiale, ce concept est une catégorie réglementaire employée pour réguler la production et le commerce des technologies à usage civil et militaire. Mais les événements de 2001 contribuent à la transformation de la conception du risque que les technologies font peser sur sécurité des États, comme le rappellent Rath *et al.* (2014, p. 3) : « Historiquement, des régimes multilatéraux de contrôle de l'export des technologies duales (le *Nuclear Suppliers Group*, le *Missile Technology Control Regime*, et l'*Australia Group*) ont été établis pour prendre en charge le risque de la prolifération des armes et de leur livraison dans un contexte militaire. Depuis le 11 septembre 2001, une transition conceptuelle a eu lieu, et ces régimes d'export multilatéraux ont également pris des mesures pour adresser le risque de terrorisme ».

⁶ Des précautions sont également à prendre concernant la mise en œuvre des réglementations ici réunies. Rappelons par exemple qu'aux États-Unis, la frontière entre recherche publique et privée est très fine, entraînant le recoupement de certaines réglementations ; de même que le « *Deemed export control* » du ministère du Commerce ne réglemente pas uniquement la circulation internationale de la recherche, mais également l'accueil de chercheurs étrangers à l'intérieur des universités états-uniennes (Krige, 2014).

Le Comité Fink participe à ce mouvement global et transforme la signification de l'adjectif « dual » pour les biotechnologies : il ne qualifie plus les usages civils et militaires, mais oppose la recherche légitime à la menace terroriste. Cette polarisation morale pousse le rapport Fink à recommander aux autorités de revenir sur les réglementations décrites comme « excessivement restrictives » du *Patriot Act* et du *Bioterrorism Preparedness and Response Act*, en proposant un « nouveau système », « mélangeant l'auto-gouvernance de la communauté scientifique » (Fink, 2004, p. 3) et l'expansion de réglementations existantes. Ce positionnement est vraisemblablement dû au profil des membres du Comité Fink : universitaires, principalement chercheurs en sciences naturelles et réunis sous l'égide des académies nationales des sciences, de l'ingénierie et de la médecine. Le rapport insiste ainsi sur la nécessité que les réglementations n'aillent pas à l'encontre de la communauté biomédicale, mais qu'elles s'appuient sur elle, rappelant que cette dernière « a démontré sa capacité à être en tête dans le développement responsable de nouvelles technologies » (*ibid.*, p. vii).

Le rapport Fink a un deuxième effet. En « dualisant » les biotechnologies, il construit un nouveau régime de préoccupation pour la sécurité nationale reposant sur la prolifération des techniques employées dans les recherches en sciences de la vie. Ainsi, le rapport souligne : « les informations nécessaires à la conduite des recherches [...] sont aisément accessibles sur internet. De plus, les équipements et l'expertise pour utiliser cette information pour créer de nouveaux agents [biologiques] sont mondialement disponibles » (Fink, 2004, p. 18). Les savoirs en biologie sont présentés comme une capacité d'armement, distribuée et duale parce qu'accessibles à tous. Le problème ne concerne plus les recherches menées dans les laboratoires, mais le marché mondialisé des techniques et matériaux biologiques, ainsi que la diffusion des savoirs sur internet. Pensé dans les termes de la prolifération, le risque est également associé aux individus et aux « *non-states actors* » malveillants, pouvant acquérir ces capacités.

Le 11 septembre 2001 ouvre enfin une période de réorganisation de l'administration de la sécurité nationale. De nombreuses commissions sont chargées d'évaluer les services en charge de la sécurité des États-Unis, entraînant avec elles d'importantes réformes institutionnelles telles la création du *Department for Homeland Security* en 2002. Si le Comité Fink est une pierre dans l'inscription des biotechnologies à l'agenda sécuritaire, d'autres contributions viennent de l'univers des services de renseignement. Ainsi, la *Commission on the Intelligence Capabilities of the United States Regarding Weapons of Mass Destruction* établit en 2004 que les armes biologiques constituent « le plus grand défi pour le renseignement » et que « les communautés politiques et les services de renseignement des États-Unis n'ont pas pris la menace des armes biologiques aussi sérieusement que celles posées par les armes nucléaires » (*The Commission on the Intelligence Capabilities*, 2005, p. 503). Les services secrets se font réprimander pour avoir failli à prévenir l'affaire des courriers d'anthrax et il semble entendu que la biosécurité des États-Unis nécessite de nouveaux instruments.

Ces instruments sont constitués par l'institutionnalisation de services dédiés à la biosécurité dans les années 2005/2006. Deux d'entre elles nous intéresseront particulièrement. Suite aux recommandations du Comité Fink, le *National Science Advisory Board for Biosecurity* est formé en 2005. C'est une autorité consultative dépendante du *National Institute of Health* qui a pour charge de déterminer quelles sont les pratiques sensibles en termes de biosécurité dans les espaces scientifiques et de leur proposer des codes de bonne conduite. Du côté des services de police et de renseignement, le *Weapon of Mass Destruction Directorate* du FBI est créé en 2006

et obtient le statut de *Lead Agency* en matière de bioterrorisme⁷. L'intégration des sciences de la vie dans le champ d'intervention de l'administration sanitario-sécuritaire permet à ces institutions d'incarner la lutte contre le bioterrorisme dans des espaces concrets. Mais, le fait que ces instances ciblent les biotechnologies comme risque de sécurité ne suffit pas à les entraîner mécaniquement vers la biologie synthétique, un domaine tout juste émergent au début des années 2000. Si la jeune discipline scientifique a épousé le risque de biosécurité, c'est qu'elle y a été associée à travers l'une de ses techniques, la synthèse génétique.

Le virus comme une bombe

La synthèse de gènes

Parmi les techniques sur lesquelles reposent les recherches en biologie synthétique se trouve la synthèse de gènes, un procédé industriel qui permet de fabriquer des gènes artificiels en laboratoire sans avoir pour cela besoin de disposer de leurs séquences d'ADN originales. L'industrialisation des gènes de synthèse a été rendue possible par le développement à la fin des années 1970 des premiers synthétiseurs automatiques, machines qui participent de l'instrumentation croissante qui assiste la production des biotechnologies (Gaudillière, 2006). Depuis le début des années 2000, la synthèse de gènes s'est constituée comme un technoservice (Clarke *et al.*, 2000), une industrie fournissant technologies et matériaux biologiques aux laboratoires. Des entreprises européennes, états-uniennes et asiatiques fournissent en gènes synthétiques le marché de la recherche publique et privée. Ce secteur est ainsi l'un des espaces de production de nouvelles molécules, de nouvelles machines, de nouveaux gènes et virus, qu'il dote d'un statut de marchandises (Rajan, 2006).

⁷ Un statut qui permet d'organiser et de répartir les espaces de compétence entre services de police et de renseignement. Il vise notamment à atténuer la guerre entre administrations concurrentes qui pourraient voir leurs mandats se chevaucher : le FBI (qui relève du *Department of Justice*), la *Central Intelligence Agency*, le *Department of Defense* et le *Department of State* (Bonditti, 2008).

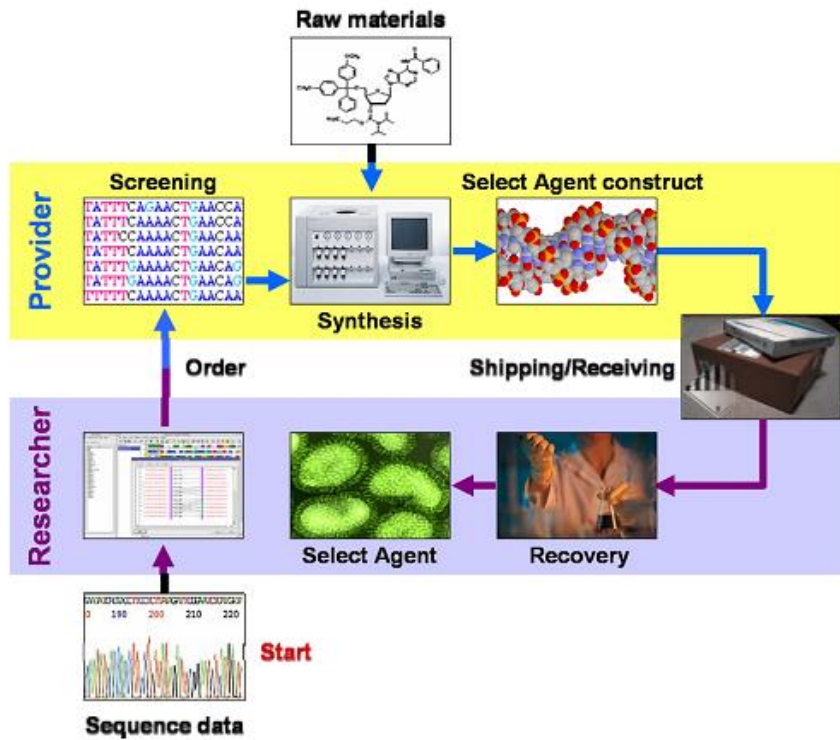


Figure 1 - La synthèse de gènes illustrée par le *National Science Advisory Board for Biosecurity* (2006)

Le schéma part des données d'une séquence génétique construite sur ordinateur par le chercheur. Ces données font l'objet de la commande, adressée à l'entreprise fournisseuse qui fabrique la séquence matérielle grâce aux synthétiseurs et la livre au laboratoire commanditaire. L'étape du procès sur laquelle se concentrera progressivement le risque sera celle du screening (le contrôle).

« La synthèse génétique est [la technologie] qui nous a permis de faire un bond en avant depuis le couper-coller *ad hoc* du génie génétique jusqu'au *design* systématique de ce qui est (ou ce qui sera) la caractéristique de la biologie synthétique » (Shetty, 2012).

Reshma Shetty, bio-ingénieure au sein de la startup bostonienne *Ginkgo Bioworks*, insiste ici sur le rôle de la synthèse pour les ambitions technologiques de sa discipline : l'externalisation de la production d'ADN permettrait aux chercheurs en biologie synthétique de se concentrer sur la programmation informatique des fonctions biologiques – et ainsi, de se distinguer du génie génétique traditionnel qui est présenté comme un bricolage biologique. La biologie synthétique a ainsi trouvé en la synthèse génétique sa technologie métonymique, un techno-service capable de supporter ses promesses d'ingénierie du vivant. Si elles ont lié leurs ambitions, biologie synthétique et synthèse de gènes ne sont toutefois pas réductibles l'une à l'autre : elles ne relèvent pas de la même activité (la première est un champ scientifique quand l'autre est un service

industriel) et, bien que la biologie synthétique fasse appel aux services de la synthèse de gènes, elle peut aussi se pratiquer sans elle⁸.

Premières recherches, première controverse

Le début des années 2000 est le moment de l'émergence de la biologie synthétique mais c'est aussi le début d'une controverse sur les risques induits par la synthèse de gènes. En 2002, une équipe de l'Université de *Stony Brook* (État de New York) reproduit le virus de la polio par une technique de synthèse à partir d'informations sur son ADN, cela donc sans utiliser une souche matérielle originale du virus. La publication issue de cette recherche conclut qu'« il est possible de synthétiser un agent infectieux par des moyens chimiques et biochimiques *in vitro*, seulement en suivant les instructions d'une séquence écrite » (Cello *et al.*, 2002, p. 1016). En 2005, une autre équipe états-unienne reconstruit par un procédé similaire le virus de la grippe espagnole qui décima l'Europe en 1918 (Tumpey *et al.*, 2005). La publication de l'article dans *Science* est suivie de la mise à disposition des informations génomiques du virus sur la banque de données publique GENBANK⁹.

Les tribunes de médias généralistes et les rubriques éditoriales de revues scientifiques deviennent rapidement des espaces du débat sur les risques associés à ces nouvelles recherches. Les scientifiques qui s'y expriment se demandent si le système de publication doit être réformé et on évoque la possibilité de restreindre l'accès à la synthèse de gènes. La controverse est alors entretenue par des métaphores du risque comme celle de la menace atomique, tel que le formulent Ray Kurzweil et Bill Joy dans un éditorial du *New York Times* de 2005 au titre éloquent : « *Recipe for destruction* ».

« [La publication de la séquence sur GENBANK] est extrêmement stupide. Le génome [du virus] est, par essence, le plan d'une arme de destruction massive. Aucun scientifique responsable ne défendrait la publication du plan précis d'une bombe atomique » (Kurzweil, Joy, 2005).

Philip Sharp, dans l'éditorial de l'édition de *Science* qui publie l'un des articles disputés, assure au contraire que c'est la disponibilité de l'information sur les pathogènes qui est la meilleure protection contre de possibles catastrophes. Selon lui, seul le libre accès aux informations génétiques permettrait la production de vaccins et traitements nécessaires à la gestion sanitaire d'un tel scénario (Sharp, 2005). À travers ces publications qui comparent les virus à des armes de destruction massive, et ce peu de temps après le 11 septembre 2001, la menace bioterroriste est appropriée par l'arène scientifique. Ces débats ont également pour effet

⁸ La compétition iGEM emploie des alternatives à la synthèse : les manipulations des étudiant(e)s reposent principalement sur des techniques de clonage et de mutagenèse, deux pratiques courantes de la modification génétique. Le clonage correspond à la multiplication à l'identique d'une cellule ou d'un fragment d'ADN par voie de culture, la mutagenèse est l'introduction volontaire de mutations par l'action d'agents chimiques ou physiques dans une séquence ADN.

⁹ GENBANK est créée en 1982, elle est financée par le *National Institute of Health*, la *National Science Foundation*, le *Department of Energy* et le *Department of Defense*. Elle est aujourd'hui la plus importante banque de données de séquences d'ADN au monde. Publique, son accès est ouvert pour qui souhaite consulter ou se procurer des séquences génétiques variées, pathogènes et non pathogènes. La publication d'un article scientifique dans des revues telles que *Science* ou *Nature* entraîne une mise à disposition automatique des séquences sur GENBANK. En 1983, 2 000 séquences étaient enregistrées. En avril 2011, elles étaient plus de 35 millions.

de désenclaver la synthèse de gènes, contribuant à rendre visible et discutable une technologie qui serait certainement restée confinée sans ces événements.

Ces discussions ont néanmoins une qualité latente de débordement, car elles mettent en interrogation un vaste ensemble de pratiques et projettent des objets de risques très divers : ils sont associés aux publications, aux banques de données accessibles par internet, à la circulation des agents biologiques, au marché non régulé des gènes et à l'accès aux synthétiseurs. Si la menace bioterroriste circonscrit le risque aux comportements malveillants, elle s'incarne dans des activités, technologies et procédés variés et n'épargne pas la communauté scientifique du soupçon. Quelques années après le 11 septembre 2001, cette dernière est en effet considérée par les services de renseignement comme étant « à la fois experte et suspecte »¹⁰.

« Asilomar 2.0 » à l'épreuve de la société civile

Les 20, 21 et 22 mai 2006, lors de la deuxième édition de l'*International Meeting on Synthetic Biology 2.0* (SB2.0) organisé à l'Université de Californie à Berkeley, la communauté de la biologie synthétique se saisit des risques alors discutés. Fraîchement instituée au sein du *Synthetic Biology Engineering Research Center* (SynBERC), la communauté des bio-ingénieurs est assistée de chercheurs en sciences sociales (Angeli Aguiton, 2014). Des politistes réuni(e)s par Stephen Maurer composent le *Berkeley Synbio Policy Group*. Ce dernier soumet à l'occasion de la conférence son rapport *From Understanding to Action: Community-based options for Improving Safety and Security in Synthetic Biology*, qui vise à positionner la communauté de la biologie synthétique sur l'enjeu controversé des gènes synthétiques. Le rapport fait mention à une « complexe conspiration terroriste » pouvant profiter des techniques de la biologie synthétique, il promeut de « meilleures pratiques » et propose la mise en place de dispositifs de contrôle et de dénonciation des « comportements dangereux » (Mauer *et al.*, 2006). À cette occasion, les catégories de « recherche légitime » et de « recherche illégitime » sont appropriées par la communauté scientifique qui les mobilise pour s'affranchir de la méfiance par son exemplarité, et qui contribue en retour à l'ancrage de la figure duale de la technoscience.

Mais, en creux de cette intervention se joue une affaire autrement politique. À travers cette prise de position publique, le *Berkeley Synbio Policy Group* espère « faciliter l'auto-gouvernance de la communauté » dans une conférence décrite comme le « forum naturel » d'un tel projet, référant explicitement à la conférence d'Asilomar, une référence centrale du gouvernement des pratiques de la recherche biomédicale aux États-Unis (pour une histoire précise de la conférence et de ses conséquences politiques, voir Wright, 1994). Organisée à Asilomar (Californie) en 1975 par le prix Nobel de chimie Paul Berg, cette conférence fut l'occasion d'une intervention politique de la communauté biomédicale sur la régulation des risques induits par les technologies de l'ADN recombinant. Alors, le génie génétique soulevait de nombreuses controverses aux États-Unis : sur les risques sanitaires et environnementaux induits par les recherches, mais aussi sur les motivations et les fondements d'une entreprise d'ingénierie des gènes. En prenant position sur une acception étroite du risque du génie génétique (le confinement des

¹⁰ Tel que nous le confiait en entretien Kavita Berger, directrice associée du *Center for Science, Technology, and Security Policy* de l'*American Association for the Advancement of Science* (21 juillet 2012). Rappelons également que l'enquête sur les courriers d'anthrax de 2001 mena très rapidement le FBI sur la piste de chercheurs : notamment l'expert en arme biologique Steven Hatfill, puis, à partir de 2005, Bruce Ivins, chercheur dans le laboratoire militaire de Fort Detrick, dans le Maryland.

manipulations dans les laboratoires), la communauté scientifique réunie à Asilomar en 1975 a contribué à rétrécir le spectre des préoccupations et à le faire circuler vers l'arène réglementaire. Quelques mois après la conférence, le *National Institute of Health* s'appuyait sur ses recommandations pour bâtir les régulations des recherches en génie génétique (encore mises en œuvre aujourd'hui). Dès lors, la communauté de la recherche biomédicale acquit un rôle central, et toujours actif, dans les prises de décision la concernant. Le secteur des biotechnologies s'industrialisant dans la décennie 1980, la conférence d'Asilomar fut également interprétée comme l'un des événements contribuant au tournant « pro-marché et anti-régulation de la culture politique du gouvernement [en matière de biotechnologies] » (Krimsky, 2005, p. 10).

À la conférence *Synthetic Biology 2.0*, l'appropriation du discours des risques par les scientifiques s'articule à ce précédent. Toutefois, nous rappellent Paul Rabinow et Gaymon Bennett (2011), si la référence à Asilomar marque une continuité, celle-ci ne porte pas sur les risques : alors qu'en 1975, le génie génétique est mis en risque par la sûreté (l'accident comme conséquence involontaire de l'ingénierie génétique) et qu'il est géré par le confinement des laboratoires, la biologie synthétique est mise en risque par la sécurité (l'intention volontaire de nuire). À SB2.0, la référence à Asilomar marque surtout une volonté de tracer une continuité dans l'auto-gouvernance scientifique.

Si la conférence de Berkeley n'a pas connu la même issue que celle d'Asilomar, c'est peut-être parce que son programme a été sérieusement mis à l'épreuve par la critique d'ETC Group, une organisation contestant les projets de la biologie synthétique depuis ses premiers développements. Mobilisée depuis les années 1980 dans la défense des droits de la petite paysannerie contre les grandes corporations de l'agro-business, ETC Group a engagé des campagnes de contestation des technologies émergentes depuis le début des années 2000 (sur les thèmes de la biologie synthétique, des nanotechnologies et de la géo-ingénierie). Le groupe dénonce la concentration de capital et de pouvoir qui accompagne le développement technologique, ainsi que les dommages sociaux et écologiques de ces innovations. Jim Thomas, membre d'ETC Group, s'inscrit à la conférence *Synthetic Biology 2.0* avec une collègue pour y condamner la « tentative d'imposer un récit particulier, et pour lui substituer le contexte plus large dans lequel ces recherches se produisent »¹¹. Mais, quelques jours avant la rencontre, les organisateurs préviennent les activistes que l'entrée leur sera interdite. En réponse à ce que Thomas décrit comme un « très mauvais départ », ETC réunit les signatures de près de quarante organisations internationales dans une lettre ouverte publiée le 17 mai 2006, soit trois jours avant le lancement de la conférence SB2.0. Les organisations signataires sont variées, on trouve des associations de justice environnementale, des syndicats et organisations paysannes, des collectifs de défense de justice sociale et des groupes critiques de l'ingénierie génétique. La lettre accuse la communauté réunie à SB2.0 de chercher à instaurer un « Asilomar 2.0 » pour la biologie synthétique :

« La société, et spécialement les mouvements sociaux et les peuples marginalisés, doivent être entièrement engagés dans le choix, la décision et le dialogue social sur tous les aspects des recherches et produits de la biologie synthétique. (...) L'auto-gouvernance scientifique ne fonctionne pas et est anti-démocratique. Les scientifiques ne doivent pas avoir une voix déterminante dans la régulation de leurs recherches ou de leurs produits. Le développement des technologies de la biologie synthétique doit être évalué à travers leur implications socio-économiques, culturelles, sanitaires et

¹¹ Pour cette citation et les suivantes, entretien du 6 septembre 2012 avec Jim Thomas, *Research Program Manager* sur la biologie synthétique pour ETC Group.

environnementales, et pas simplement à cause de leur mauvais usage entre les mains de "méchants" » (ETC Group, 2006).

Les organisations de la société civile ne prennent pas position sur l'ordre du jour de la conférence mais la contestent autour de nouvelles questions. Les risques que la lettre ouverte mobilise sont les problèmes préalablement éclipsés par le risque bioterrorisme, notamment les risques sanitaires et environnementaux (transfert de gènes, confinement des laboratoires, risque de fuite d'un organisme), registre absent du programme politique de SB2.0. La mise à l'épreuve réside également dans l'accusation des promesses de la biologie synthétique, de ses projets industriels et de leurs préjudices écologiques et sociaux. Cet angle d'attaque est explicité par Jim Thomas qui souligne lors de notre entretien que « les préoccupations principales d'ETC ne sont pas les risques de sécurité, ni même ceux de sûreté sanitaire, car ils font perdre de vue les questions de pouvoir et le profit lié au développement de la biologie synthétique ».

Ainsi déconfinée et constituée comme un problème public (Dewey, 1954), la biologie synthétique n'est pas uniquement critiquée à cause de ses externalités négatives, risques et mauvais usages, mais pour son agenda technoscientifique, problème que l'auto-gouvernance vient amplifier.

La variole dans le courrier

Un mois après la conférence SB2.0 en juin 2006, la controverse traverse l'Atlantique par le moyen d'une alerte (Chateauraynaud, Torny, 1999) lancée par James Randerson, correspondant *Environment and Sciences* au quotidien britannique *The Guardian*. Le journaliste se livre à une investigation sur les conditions d'accès aux gènes synthétiques, et plus particulièrement aux agents pathogènes. Pour cela, Randerson commande un extrait du génome de la variole et à le faire livrer à une adresse privée de Londres.

« *The Guardian* a effectué une commande chez VH Bio Ltd. (...) Nous avons inventé le nom d'une entreprise fictive, accompagnée d'un numéro de téléphone portable et d'une adresse mail gratuite. (...) Le paquet (...) a été livré par les services du Royal Mail dans un appartement du nord de Londres. L'enveloppe matelassée de format A5 contenait une petite fiole avec une toute petite goutte de gel blanc au fond – l'ADN. La commande a coûté £33.08, plus £7 pour la livraison » (Randerson, 2006).

Par cette enquête, James Randerson lance l'alerte au sujet des pathogènes synthétiques en testant le système des commandes et en montrant à quel point il est aisé d'acquérir un pathogène. Par là, il fait l'extraction (Borraz, 2008) de l'industrie du gène synthétique en mettant son script à l'épreuve de la fraude. Comme le rend visible son sous-titre *Urgent calls for regulation after Guardian buys part of smallpox genome through mail order*, l'article du *Guardian* est aussi une tribune politique. Ce qu'il s'agit de réguler n'est pas clairement statué par l'article et, bien que l'alerte porte sur l'accès aux pathogènes synthétiques, l'ampleur des risques dont discute le journaliste est bien plus large. Sont tour à tour évoqués les virus mortels éradiqués « qui n'existent maintenant que dans les laboratoires », les séquences d'ADN de la variole, de la polio ou de la grippe espagnole qui sont « librement accessibles sur des banques de données publiques en ligne », ou encore la construction du virus phage PhiX174 par Craig Venter. Ainsi, Randerson critique une biologie qui « manufacture des virus à partir de rien » et qui les fait exister hors des laboratoires. En effet, l'originalité de l'alerte de Randerson est de projeter de la lumière sur l'un des espaces jusque-là invisible de la circulation de ces marchandises scientifiques : parce qu'ils

font l'objet d'un marché mondial, virus et pathogènes de synthèse circulent dans l'espace public par des canaux extrêmement communs, comme la voie postale.

Au sommet de ce travail de déconfinement, la menace terroriste apparaît comme la technologie de conviction (Chateauraynaud, Torny, 1999) qui permet le succès de l'alerte. Mais, alors que l'article se veut être une tribune politique portant sur la régulation des pratiques et des marchés scientifiques, il contribue en fait très directement au rétrécissement de la controverse sur l'accès de pathogènes à des organisations terroristes. Car l'épreuve ne réside pas dans les propos de la tribune de Randerson mais bien dans la commande des gènes de la variole et sa médiatisation. Elle contribue ainsi à re-concentrer l'attention sur la question de l'accès non régulé aux pathogènes et à la menace terroriste. Sans être le processus central de la mise en risque des gènes synthétiques, cet événement n'en est pas moins l'un des rouages à la temporalité remarquable : un mois après les critiques des contestataires d'ETC contre la conférence SB2.0, l'alerte de Randerson réenclenche l'actualité du cadrage sécuritaire.

Dissocier le risque de la technique pour l'inscrire dans le marché

Réduire les incertitudes pour mieux les gouverner

Bien que l'alerte soit émise depuis la Grande-Bretagne, ses retombées publiques la font connaître de l'administration fédérale des États-Unis¹². Entre les années 2006 et 2010, le *National Science Advisory Board Biosecurity* (NSABB, un comité d'expert(e)s chargé d'émettre des recommandations pour améliorer la biosécurité des recherches en sciences de la vie, créé en 2005 suite aux recommandations du rapport Fink), suivi de l'*Office of Assistant Secretary for Preparedness and Response* du *Department of Human and Health Services* (HHS), construisent un cadre de réglementation de l'accès aux gènes synthétiques. Le dossier est donc confié à des services qui appartiennent au secteur de la santé publique – et non aux institutions de la sécurité nationale.

En 2006, le NSABB prend position sur la question spécifique du contrôle des commandes de gènes synthétiques. Le comité propose une gestion des risques organisée autour de la *Select Agents and Toxins List*, émise par l'USDA et le HHS, et pierre angulaire de la régulation des pathogènes manipulés dans les laboratoires publics aux États-Unis. La liste répertorie les agents biologiques estimés dangereux et qui nécessitent divers degrés de protection et de confinement. Entre les mains du NSABB, le problème de la synthèse de gènes se trouve progressivement réduit à l'accès non régulé aux *Select Agents and Toxins*, bien que la légitimité de cette liste soit pourtant dans le même temps mise en doute. Le NSABB constate en effet que de nouveaux « virus chimériques infectieux (...) ne sont pas couverts par les schèmes traditionnels de classifications » et que des « agents ressemblent et ont les attributs de certains *Select Agents* sans (...) être couverts par l'actuel cadre de régulation ».

L'exemple du virus de la variole, débattu lors de la réunion du NSABB du 13 juillet 2006, est une intéressante illustration de ce paradoxe. Le virus est régulé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) au niveau international (seule instance autorisée à accorder sa circulation), et uniquement détenue par le *Center for Disease Control and Prevention*, situé aux États-Unis. Toutefois, l'OMS autorise la possession de moins de 20% du génome par des laboratoires en

¹² Comme cela nous a été dit lors de plusieurs entretiens avec les services en charges du dossier au *National Science Advisory Board for Biosecurity* et au *Department for Human and Health Services*.

dehors du CDC. Si le problème est soulevé par les membres du NSABB, ce découplage réglementaire entre virus entier et portion du génome est reconduit par le *Board*, qui acte ainsi la diversité des modes d'existence et de circulation du virus de la variole : les souches entières sont confinées, mais des portions du génome sont libres de circuler sous certaines conditions (l'autorisation du CDC étant toujours nécessaire).

Les différents modes d'existence des virus, couplés aux nouvelles techniques de la synthèse, constituent tout à la fois une épreuve et un état de fait pour le NSABB qui en débat mais ne transforme pas ces discussions en réforme. Le NSABB conserve une définition holiste des virus et opte pour un positionnement conservateur concernant leur régulation. Le projet de réformer les régulations pour qu'elles incluent non seulement les virus et pathogènes, mais aussi leurs séquences ADN est une option discutée mais rejetée par le NSABB. Edwards Brett (2014) rappelle que « cette décision n'était pas basée sur la faisabilité technique. Il était de plus en plus clair à cette époque que de nouvelles régulations fédérales ne seraient pas émises concernant ce domaine. Si des approches réglementaires étaient "considérées", il semble peu probable qu'elles aient eu vocation à modifier radicalement les régulations des *Select-agents* ou à entraîner un contrôle drastique du matériel et les chercheurs [...] Le gouvernement voulait laisser l'industrie et la recherche avoir l'initiative sur cette question » (p. 157-158).

L'option de cadrage finalement choisie par le NSABB est de considérer le problème comme l'enjeu d'une transaction entre fournisseurs de gènes et clients, périmètre techniquement et socialement étroit. Cette entrée en scène de l'administration sanitaire dans la controverse reconfiner le risque et lui fait changer de nature. D'abord associé à la technique de la synthèse de gènes, il est maintenant articulé à des pratiques marchandes. L'engagement du NSABB a également pour effet d'enclencher l'investissement des services de l'État dans le dossier, mais aussi celui d'explicitier l'appui des pouvoirs publics à la « recherche légitime » qui sort vivement soutenue par l'administration. Dans son rapport *Addressing Biosecurity Concerns related to Synthetic Biology* publié en 2010, le NSABB rappelle ainsi, « étant donné les bénéfices potentiels [de la biologie synthétique] pour la santé publique, la sécurité nationale et économique, les recherches de cette discipline doivent être encouragées et maintenues » (NSABB, 2010, p. ii).

Coalitions scientifiques et industrielles

Le déplacement du risque vers les pratiques marchandes transforme les capacités d'intervention des acteurs dans l'élaboration de la régulation. Ce nouveau positionnement est expérimenté lors de la prise en main du dossier par le *Department of Human and Health Services*, le ministère de la Santé, entre les années 2006 et 2010, pendant lesquelles les communautés scientifiques et industrielles mènent un *lobbying* actif à destination des pouvoirs publics.

En 2007, plusieurs rapports et tribunes dans des revues scientifiques sont produits pour émettre des recommandations au gouvernement. Parmi les auteurs de ces publications, on trouve d'importantes personnalités de la biologie synthétique, tels Craig Venter et Drew Endy, mais aussi des représentant(e)s de l'industrie de la synthèse de gènes et du FBI (Bugl *et al.*, 2007). La menace terroriste est évoquée mais n'est souvent pas l'élément central des propos, qui visent surtout à défendre la synthèse pour des intérêts de recherche, d'innovation et de compétitivité. La réglementation est quant à elle présentée comme le levier mécanique d'une augmentation des prix et des temps de livraison des gènes synthétiques. Scientifiques et industriels côte-à-côte,

comme dans le rapport *Synthetic Genomics*, proposent ainsi « des options de gouvernance qui minimiseraient les risques de sécurité et de sûreté sans empêcher les développements de la génomique synthétique, une technologie qui a un potentiel de bénéfice social important » (Garfinkel, 2007, p. 24). Ce rapport compare différentes « options » de réglementation, insistant particulièrement sur l'importance de prendre en compte les « coûts et fardeaux » que représenterait une nouvelle régulation pour le gouvernement, la recherche et l'industrie.

Si ce travail politique semble surtout porter sur le point spécifique de la régulation des gènes, il vise également à peser dans les rapports de force qui se sont plus largement cristallisés autour de la biologie synthétique. Drew Endy raconte en ces termes le déplacement qui s'opère entre la conférence de 2006 et les publications de 2007 :

« Les organisations de la société civile arrivèrent avec leur lettre ouverte, disant que l'auto-gouvernance est mauvaise pour la société. J'étais assis à mon bureau et je ne comprenais pas. J'avais encore à apprendre quel type d'acteurs ils étaient. Proposaient-ils quelque chose ? Avaient-ils d'autres options ? Je ne sais plus, j'avais mal au crâne. À cette époque, les politistes de la conférence SB2.0 avaient fait du mauvais boulot, les choses n'allaient pas bien. [...] Donc, en 2007, on a commencé à travailler. J'ai écrit avec George [Church], des gens du FBI et les patrons des plus importantes entreprises de synthèse génétique, on a publié dans *Nature*. C'était un moment difficile. Le FBI voulait pouvoir mettre quelqu'un en prison si quelque chose se passait mal. On a fait en sorte que les choses se terminent bien. Comment est-on arrivé à créer consensus ? [...] On l'a fait, mais si vous lisez l'article, vous verrez que c'est une proposition qui n'a pas pour objectif de protéger le public, ni l'environnement, mais bien une jeune industrie de ces possibles mauvais usages. Les CEOs [*Chief Executive Officer*, chefs de la direction] ne voulaient pas faire faillite, et je ne voulais pas que ma discipline s'effondre »¹³.

Cette citation nous offre deux éclairages. Le premier nous renseigne sur la façon dont les scientifiques et les industriels œuvrent sur les deux fronts de l'élaboration de la régulation des risques et de la mise à l'écart des préoccupations portées par les contestataires. Ces deux entreprises ne sont pas déconnectées : l'alliance entre scientifiques, industriels et agents du FBI est construite autour d'une préoccupation restreinte qui, comme le rappelle Endy, ne concerne ni la protection du public, ni celle de l'environnement, mais la sécurisation d'une jeune industrie. Le travail politique (Dodier, 2003) de ces coalitions consiste à user de définitions tout justes produites comme instrument de rétrécissement des problèmes débattus. Les problèmes portés par les contestataires sont ainsi activement exclus du cadrage dominant les débats.

À un second niveau, les propos d'Endy nous éclairent sur les positions politiques alors adoptées par ces acteurs : scientifiques et industriels prennent part au débat en tant que clients et fournisseurs du marché mis en risque, menacés de s'effondrer ensemble si une solution n'était pas trouvée. Cette interdépendance évoque le rôle central accordé à l'industrie dans l'activité scientifique. Ce rôle n'est pas nouveau : le secteur des biotechnologies est organisé depuis les années 1980 autour d'une régulation marchande, « dont le fonctionnement dépend de l'état des droits de propriété, des formes de financement des activités d'innovation et du réglage des relations entre activité entrepreneuriale et recherche académique » (Gaudillière, Joly, 2006, p. 333). Cette régulation marchande pèse sur l'organisation des recherches en sciences de la vie, structurées par l'impératif du transfert technologique vers le secteur privé (Rajan, 2006 ; Cooper,

¹³ Entretien avec Drew Endy, 27 juillet 2011.

2008 ; Krinsky, 1991) ; mais aussi sur le front de la réglementation des produits et des risques (Boudia, 2010 ; Joly, Marris, 2003 ; Levidow, Carr, 2000).

À l'échelle de notre cas, cette régulation marchande se mesure également dans la constitution d'organisations industrielles chargées d'établir des codes de bonnes pratiques. En parallèle des pressions destinées à l'administration, les industries des gènes synthétiques se réunissent à travers deux consortiums : l'*International Association Synthetic Biology* (IASB) et l'*International Gene Synthesis Consortium* (IGSC), qui constituent chacun des codes de bonnes pratiques à la fin de l'année 2009¹⁴. Des standards volontaires sont établis et organisent la gestion des commandes de gènes : contrôle de l'identité des clients et de la dangerosité des séquences par des salariés, archivage des commandes sensibles et coopération avec les autorités.

Dans l'une des plus importantes entreprises de synthèse génétique, DNA2.0 (membre de l'IGSC), les motivations qui président à la constitution du consortium sont expliquées par la perturbation des activités liée à l'article du *Guardian*. Lors de notre entretien, Claes Gustafsson, co-fondateur et actuel *Chief Commercial Officer* de DNA2.0, présente les problèmes posés par la commande d'un agent virulent synthétique en provenance de l'Institut Pasteur avant la création du consortium :

« Je n'ai pas eu peur de cette commande à proprement parler. Le commanditaire était un professeur, nous connaissions l'institution, il n'y avait pas de problème. Mais, on avait peur que le FBI nous tombe dessus ! D'un point de vue légal, nous ne savions pas quoi faire. Donc, nous avons dû annuler cette commande. Cela nous a poussés à réfléchir à ce qu'il fallait faire pour ne plus jamais avoir à annuler une commande à cause de cette crainte. Donc, à l'occasion de l'une des réunions organisées par le FBI à Washington, nous sommes allés voir GeneArt¹⁵ et nous avons commencé à discuter. Nous savions que le gouvernement allait prendre cinq ans pour faire une loi. Donc, d'un commun accord avec notre concurrent, nous avons décidé de nous réunir et d'aligner nos bases de données »¹⁶.

Les bonnes pratiques sont mises en place pour « sécuriser » les commandes afin d'assurer le retour à la routine industrielle. Cette sécurisation est menée par une coalition d'industriels, au-delà de la concurrence qui anime normalement leurs relations. Dans cette même perspective, un représentant de l'entreprise *Integrated DNA Technologies* précise :

« Ça n'a rien à voir avec... disons [de la] compétition. (...) Nos produits sont utilisés dans des applications dangereuses, qu'est-ce que l'on peut faire ? Et donc, au lieu d'avoir un gouvernement qui ne s'y connaît pas et qui met des règles en route, qui nous bloquent complètement, l'initiative a été [d'aller] vers ce gouvernement pour leur expliquer "voilà les problèmes qu'il pourrait y avoir et voilà comment nous, comme industrie, on voudrait vous garantir que nos produits sont utilisés en toute sécurité" »¹⁷.

¹⁴ Pour une histoire plus précise des logiques qui prévalèrent à leur constitution, et notamment des tensions entre positionnements des entreprises états-uniennes et européennes, voir Brett (2014).

¹⁵ GeneArt est une entreprise allemande rachetée par Life Technologies en 2010, concurrente de DNA2.0 dans l'offre de gènes synthétiques.

¹⁶ Entretien avec Claes Gustafsson, le 28 juillet 2011. Cette citation et les suivantes.

¹⁷ Entretien mené par Benjamin Raimbault, avril 2014.

Si l'attention portée sur l'activité de la synthèse génétique par la controverse a d'abord été crainte par les industriels, elle a en fait été riche d'opportunités, dans le sens entendu par François Ewald (1991) : la gestion des risques par les bonnes pratiques, comme l'assurance, crée de la valeur sur les risques, autorise l'entreprise et libère l'action. Les démarches initiées par les coalitions industrielles deviennent une disposition stratégique pour le secteur : par le risque, la synthèse de gènes a été rendue visible, distinguée de la mosaïque confuse des techno-services et des startups qui équipent les laboratoires. La controverse a médiatisé le secteur et l'a fait exister comme activité particulière, maintenant distinguée par ses propres risques, ses consortiums, codes de bonnes pratiques et mécanismes de gestion volontaire. En outre, l'exemplarité devient un argument commercial, comme s'en félicite Claes Gustafsson lors de notre entretien : « du point de vue du marketing, on peut maintenant approcher les marchés en disant que nous sommes éthiques ». L'éthique, relayée au rang du marketing, vient alors labelliser une industrie en voie d'être « sécurisée ».

Des listes de virus et des agents du FBI

En octobre 2010, le service en charge du dossier des gènes synthétiques au sein du *Department of Health and Human Services* (HHS) publie la *Screening Framework Guidance for Providers of Synthetic Double-Stranded DNA* (la *Federal Guidance*), le texte réglementaire qui clôt la controverse des gènes synthétiques.

La *Federal Guidance* est incitative, ne rend pas obligatoire le contrôle des commandes de gènes synthétiques et encourage même une gestion des risques moins contraignante que celle qui est déjà pratiquée par les consortiums industriels. Cette position plus souple est le fruit d'un travail de quatre années (2006-2010), ponctué par de nombreuses rencontres entre les services fédéraux, les expert(e)s en sécurité, en bioinformatique et les parties prenantes industrielles. Jessica Tucker, l'administratrice en charge du texte pour le HHS nous dit en entretien s'être beaucoup inspirée des produits du *lobbying* de la communauté scientifique, « notamment le rapport de Craig Venter [i.e, *Synthetic Genomics : Option for Governance*], qui a été très directement écrit pour faciliter la décision »¹⁸.

Si ces différent(e)s acteur(trice)s s'accordent pour considérer que le contrôle des séquences synthétiques et de l'identité de leurs acheteurs soit nécessaire, les modalités de ce contrôle ne sont pas consensuelles et les standards divergent. Bien que les industriels pratiquent une forme de gestion des risques depuis plus d'un an lorsque la *Federal Guidance* est publiée, et qu'elle soit rédigée en concertation avec ces mêmes acteurs, le HHS promeut une approche qui n'est pas celle qui est déjà mise en pratique. L'approche promue par l'administration ne repose pas sur le contrôle humain des commandes mais sur l'assistance d'un logiciel, qui s'appuie sur les données de la *Select Agent and Toxins List* afin de parcourir automatiquement les séquences commandées (technique du *Best Match*)¹⁹.

Comment comprendre qu'un processus de concertation de quatre années mène à une désarticulation des modèles public et privé de gestion du risque ? Pour répondre à cette question, il convient de s'interroger sur le choix politique impliqué dans la technique du *Best Match*, qui

¹⁸ Entretien du 3 octobre 2011.

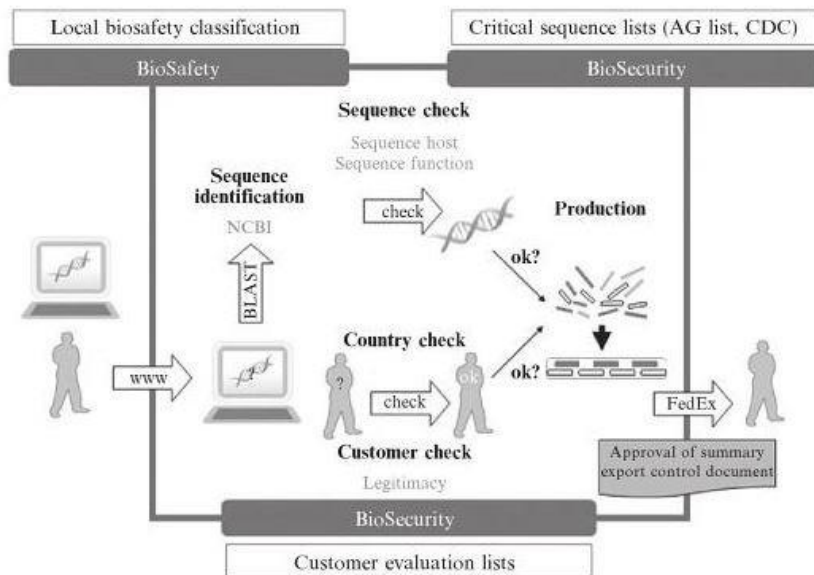
¹⁹ Le logiciel de *Best Match* s'appuie sur les données de la *Select Agent and Toxins List* : si les commandes portent sur des gènes proches des agents répertoriés comme dangereux, elles sont mises en alerte et un contrôle humain est effectué.

repose entièrement sur la *Select Agents and Toxins List*. Ce choix est révélateur du travail définitionnel de l'administration sanitaire, qui cherche à la fois à prendre part à la régulation des gènes synthétiques et à maintenir la pertinence de ses précédents instruments réglementaires. En effet, malgré le ciblage des usages malveillants et le déplacement du problème dans la transaction marchande, certains objets particulièrement pathogènes ont besoin d'être identifiés comme porteurs de risques. La *Federal Guidance* porte donc à la fois sur la gestion du risque et sur sa définition, et à travers elle, celles des objets de la biologie synthétique. L'affirmation implicite du texte fédéral est alors que les pathogènes sont des entités suffisamment stables pour qu'il soit possible d'en faire la liste et d'y articuler des logiciels de gestion du risque. Ainsi, malgré les doutes émis par le NSABB en 2006 sur la capacité à stabiliser une liste de pathogènes alors que la synthèse génétique permet d'en créer *de novo*, l'HHS réaffirme que la *Select Agents and Toxins List* permet d'attribuer la pathogénicité. Pour l'administration sanitaire, l'ontologie réglementaire des pathogènes ne doit ainsi pas être remise en cause par les nouvelles techniques de production de virus, mais peut rester fixe, adossée à une liste d'organismes bien établie. Après avoir été évacuée de la technologie pour être placée dans la circulation des marchandises, l'incertitude est donc dégagée de la régulation : d'une pierre trois coups, le texte fédéral stabilise les objets à risque, laisse les acteurs industriels libres d'organiser leur gestion, et réactualise la légitimité de l'édifice réglementaire des biotechnologies.

Cette appréciation libérale de la régulation tient très certainement au fait que le dossier ne soit pas géré par une institution en charge de la *homeland security*, mais par une institution de santé publique. C'est une analyse proposée par Edwards Brett : « Premièrement, le HSS, à travers le travail du NSABB, a été un acteur fondamental dans l'émergence du problème de la synthèse de gène sur l'agenda fédéral. Deuxièmement, le HHS avait déjà des compétences substantielles de gouvernance et d'expertise en matière de biosûreté et de contrôle des agents biologiques dangereux à travers ses sous-départements. (...) Enfin, le HHS était déjà identifié comme une institution fondamentale pour assurer l'adhésion de l'industrie et de la communauté scientifique. Le ministère était et continue d'être le principal commanditaire de la recherche scientifique dans les domaines de la santé publique comme de la bio-défense aux États-Unis » (p. 168). La mise en risque du problème n'étant évidemment pas indépendante de sa mise en administration, on retiendra que malgré la domination d'un cadrage sécuritaire, les gènes synthétiques sont restés des problèmes sanitaires et n'ont pas radicalement basculé entre les mains des services de la sécurité nationale.

Si l'administration sanitaire reste aux commandes, la *Guidance* dispose toutefois de dimensions sécuritaires aux deux échelles de gouvernement que constituent l'espace domestique et l'espace international. Concernant l'international, les gènes synthétiques sont ajoutés à la liste des commodités à risques du *Department of Commerce* (la *Commerce Control List*), qui pèse dès lors sur la circulation internationale des gènes synthétiques par l'intermédiaire des régulations d'*export control*.

Une telle imbrication d'enjeux commerciaux, sanitaires et sécuritaires se mesure dans la figure 2, reproduite *infra*, qui schématise les procès de vérification de l'entreprise *Life Technologies*. Elle distingue trois formes de contrôle d'une commande : 1) les séquences d'ADN sont contrôlées afin de déterminer leur pathogénicité 2) l'identité du commanditaire est vérifiée 3) le pays d'où provient la commande est observé afin de ne pas la livrer à l'un des « *countries of concern* » de l'administration. L'industrie est libre de gérer ces procès, mais ceux-ci sont largement habités par les indicateurs et instruments sécuritaires mis en place par l'administration.



Schematic overview of Life Technologies' biosafety and biosecurity screening practice integrated into the ordering process.

Figure 2 : Protocole de contrôle des commandes de l'entreprise Life Technologies (Voigt *et al.*, 2011, p. 261) [AG : Australia Group ; CDC : Center for Disease Control and Prevention ; NBCI : National Center for Biotechnology Information]

Ce schéma du contrôle industriel peut également être analysé comme une expression de l'équation sciences-marché-sécurité qui est construite par la *Guidance for synthetic DNA* : l'administration œuvre à réduire les incertitudes réglementaires quand les industries sélectionnent des objets plus faciles à contrôler que les virus. Ainsi, les pathogènes aux ontologies instables et les technologies qui les produisent sont épargnés d'un contrôle trop contraignant, et leur régulation prend pour objet ce qui *in fine* joue le rôle d'indicateur des « mauvais usages » putatifs : l'identité des personnes et les « *countries of concern* » listés par l'administration sécuritaire.

Les gènes synthétiques se situent donc au croisement de deux logiques de régulation, marchande et sécuritaire, incarnées dans des dispositifs différents mais coordonnés : le contrôle des commandes est géré par les industriels, la certification de routine est tenue par l'administration de l'*export control* et la notification du FBI est rendue nécessaire en cas de commande suspecte, une innovation réglementaire de la *Guidance*. Le Bureau obtient en effet une nouvelle position institutionnelle en se voyant ajouté au script de la technologie : en cas de commande suspecte, le texte encourage les industriels à contacter le *Weapon of Mass Destruction Directorate*, le service créé en 2006 suite aux restructurations institutionnelles visant à prévenir les « menaces biologiques ». Le FBI joue alors un rôle nouveau dans la gestion des risques de biosécurité, un rôle de police de la biologie synthétique, s'articulant aux formes de gestion industrielle dans le cas où il conviendrait d'enclencher une réponse répressive rapide.

Si le service de police et de renseignement a pour mission d'intervenir dans le cas, présumé exceptionnel, d'une commande suspecte rapportée par les industriels, le dispositif sécuritaire ouvre néanmoins des espaces où le FBI fait exister le risque en amont. La compétition iGEM, scène d'ouverture de notre article, est alors un site de sensibilisation de la communauté scientifique, où l'agent spécial Edward You (FBI) et Jessica Tucker (HHS, ministère de la Santé)

peuvent encourager les jeunes bio-ingénieurs à s'engager dans la lutte anti-terroriste. La condition de possibilité d'une régulation à la fois marchande et sécuritaire d'une technologie émergente réside aussi dans le concernement généralisé des acteurs pour la menace terroriste.

Conclusion

Notre réflexion prenait pour point de départ une tension entre l'émergence d'un champ de recherche et sa mise en risque précoce. Nous nous sommes interrogés sur les ressources employées par les acteurs pour s'épargner de trop fortes régulations et se construire une légitimité, alors que leurs activités génèrent des préoccupations pour la sécurité nationale. L'hypothèse que nous avons proposée est de considérer que les acteurs ne subissent qu'en partie cette mise en risque sécuritaire et qu'elle est aussi, et tout à la fois, un matériau pour leurs stratégies : les risques pesant sur le cadrage des problèmes, sur la définition des objets, sur les formes de régulation, ils sont des outils politiques puissants. Ainsi, dans la lignée d'historien(ne)s et de sociologues du risque (Fressoz, 2012 ; Boudia, 2010 ; Borraz 2008), notre contribution espère insister sur la façon dont les savoirs et les politiques portant sur les dangers sont employés pour ne pas mettre en péril les activités technologiques et économiques qui les génèrent.

On remarquera également que, dans le cours pris par la controverse, le rétrécissement progressif du problème et la distribution finale des rôles de gestion des risques a pour effet de légitimer une technologie controversée. En effet, le risque de bioterrorisme associé à la biologie synthétique a permis d'atténuer la portée de sa contestation car il réclame et produit l'exemplarité des acteurs qui la promeuvent. La domination progressive de la préoccupation pour le bioterrorisme ne procède ainsi pas seulement du processus de sélection lié à la mise sur agenda ; mais est indissociable de son emploi comme ressource permettant de clore un conflit plus large sur la désirabilité du développement de la biologie synthétique. Le problème indivisible porté par les acteurs critiques (Hirschman, 1995) est mis en échec par le risque de bioterrorisme, qui permet d'enclencher un triple confinement politique, technique et moral de la biologie synthétique, confinement construit sur la frontière qui sépare les « mauvais usages » des « recherches légitimes ». Sans que cela n'affecte profondément la mobilisation d'ETC Group sur ce dossier, les contestataires sortent néanmoins diminués de cette controverse, l'attention réglementaire s'étant concentrée sur la dimension sécuritaire des risques, bien plus que sur les causes portées par les critiques. Ainsi, dans la lignée de récents travaux en sociologie des sciences et des techniques (Welsh, Wynne, 2013), le cas des gènes synthétiques invite à analyser de plus près la façon dont le cadrage des problèmes par la sécurité nationale pèse sur la critique des technologies émergentes.

L'agrégation des intérêts qui s'alignent autour d'une régulation des gènes synthétiques témoigne enfin de l'articulation entre différents modes de gouvernement de la science, du marché des technologies et de la sécurité nationale. Le découplage de ce qu'il appartient au marché de produire et de gérer et de ce qui relève des institutions publiques est une composition politique singulière : elle mêle des dispositifs de sécurité post-2001, des routines de contrôle des marchandises et le positionnement proactif des scientifiques et industriels. Ces derniers sont devenus des acteurs de la prévention du bioterrorisme, agissant aux deux échelles de la sécurité nationale et de la « sécurité économique » des États-Unis (NSABB, 2010, p. ii). Le déplacement du risque de la technologie vers les pratiques marchandes semble, là aussi, avoir été une ressource importante pour les acteurs. La relocalisation du risque dans le marché des gènes

Sara Angeli Aguiton, « Du bon usage du terrorisme. Risque, biosécurité et gouvernement d'une biotechnologie contestée », *Gouvernement et action publique* 2015/3 (N° 3), p. 31-55.

synthétiques a détourné le regard des technologies pour l'orienter vers les « mauvais usages », à savoir, les clients et les *countries of concern*. La biologie synthétique et la synthèse de gènes sont épargnées, et il est espéré qu'elles se développeront en toute sécurité et sans freins, pendant que les individus malveillants seront pris en charge par les services de police et de renseignement.

Sara Angeli Aguiton
Centre Alexandre Koyré
27, rue Damesme
75013 Paris
sara.aguiton@cnrs.fr

Bibliographie

ANGELI AGUITON, S. (2014), *La Démocratie des chimères. Gouvernement des risques et des critiques de la biologie synthétique, en France et aux États-Unis*, Thèse de doctorat, Institut d'Études Politiques de Paris.

BAR-YAM, S., BYERS-CORBIN, J., CASAGRANDE, R., EICHLER, F., LIN, A., OESTERREICHER, M., REGARDH, P., TURLINGTON, R.D., OYE, K.A. (2012) *The regulation of synthetic biology. A guide to United States and European union regulations, rules and guidelines*, SynBERC and iGEM version 9.1, January 10, 2012, Rapport publié en ligne.

BENSAUDE-VINCENT, B. (2013), « Discipline-building in synthetic biology », *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44 (2), p. 122–129.

BONDITTI, P. (2008), « L'antiterrorisme aux États-Unis : de la contre-insurrection des années 1960 à la "guerre globale au terrorisme" », dans BIGO, D. (dir.), *Au nom du 11 septembre... Les démocraties à l'épreuve de l'antiterrorisme*, Paris, La Découverte, p. 151-167.

BONNEUIL, C. (2010) « Saboter des champs transgéniques pour étendre le champ de la démocratie ? Une histoire de la contestation radicale des OGM en France », dans BIAGINI, C., CARNINO, G. (dir.), *Les Luddites en France. Résistances à l'industrialisme et à l'informatisation*. Montreuil, L'échappée, p. 213-249.

BONNEUIL, C., THOMAS, F. (2009), *Gènes, pouvoirs et profits : recherche publique et régime de production des savoirs de Mendel aux OGM*, Paris, Quae.

BORRAZ, O. (2008), *Les Politiques du risque*, Paris, Presses de Sciences-Po.

BOUDIA, S. (2010), *Gouverner les risques, gouverner par le risque : pour une histoire du risque et de la société du risque*, Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, Université de Strasbourg.

Sara Angeli Aguiton, « Du bon usage du terrorisme. Risque, biosécurité et gouvernement d'une biotechnologie contestée », *Gouvernement et action publique* 2015/3 (N° 3), p. 31-55.

BRETT, E. (2014), *The Ethics and Governance of Dual-Use Synthetic Biology. Within the United States and the United Kingdom (2003-2012)*, Thèse de doctorat, University of Bath.

BUGL, H. *et al.* (2007), « DNA synthesis and biological security », *Nature Biotechnology*, 25 (627), p. 627-629.

CALVERT, J., JOLY, P.-B. (2011). « How Did the Gene Became A Chemical Compound? The Ontology of the Gene and the Patenting of DNA », *Social Science Information*, 50 (2), p. 157-177.

CELLO, J., ANIKO, P., ECKARD, W. (2002), « Chemical Synthesis of Poliovirus cDNA: Generation of Infectious Virus in the Absence of Natural Template », *Science*, 297 (5583), p. 1016-1018.

CHATEAURAYNAUD, F., TORNY, D. (1999), *Les sombres précurseurs : une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque*, Paris, Éditions de l'EHESS.

CLARKE, A., FISHMAN, J., FOSKET, J., MAMO, L., SHIM, J. (2000), « Technosciences et nouvelle biomédicalisation : racines occidentales, rhizomes mondiaux », *Sciences sociales et santé*, 18 (2), p. 11-42.

COLLIER, S., LAKOFF, A., RABINOW, P. (2004), « Biosecurity: Towards an Anthropology of the Contemporary », *Anthropology Today*, 20, p. 3-7.

COOPER, M. (2008), *Life as Surplus. Biotechnology and Capitalism in the Neoliberal Era*, Seattle (Wash.), University of Washington Press.

DEWEY, J. (1954), *The Public and its Problems*, University Park, Penn State University Press, (réédition de 2010).

DEZIEL, P.-L., (2008), « La naissance de la biosécurité. », *Raisons politiques*, 4 (32), p. 77-93.

DODIER, N. (2003), *Leçons politiques de l'épidémie de sida*, Paris, Éditions de l'EHESS.

ETC GROUP (2006), An Open Letter from Social Movements and other Civil Society Organizations to the Synthetic Biology 2.0 Conference May 20-22, 2006 Berkeley, California concerning the "community-wide vote" on Biosecurity and Biosafety resolutions.

EWALD, F. (1991), « Insurance and Risk », in BURCHELL, G., GORDON, C., MILLER, P. (eds), *The Foucault Effect. Studies in Governmentality*, Chicago (Ill.), The University of Chicago Press, p. 197-210.

FOX KELLER, E. (2004), « What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology? », *Biosocieties*, 4 (2-3), p. 291-302.

FRESSOZ, J.-B. (2012) *L'Apocalypse joyeuse : une histoire du risque technologique*, Paris, Seuil.

Sara Angeli Aguiton, « Du bon usage du terrorisme. Risque, biosécurité et gouvernement d'une biotechnologie contestée », *Gouvernement et action publique* 2015/3 (N° 3), p. 31-55.

GARFINKEL, M. (ed.). (2007), *Synthetic Genomics, Options for Governance*, Rapport du J. Craig Venter Institute.

GAUDILLIERE, J.-P. (2006), *La Médecine et les sciences, XIX^e-XX^e siècles*, Paris, La Découverte.

GAUDILLIERE, J.-P. (2010), « Une marchandise scientifique ? Savoirs, industrie et régulation du médicament dans l'Allemagne des années trente », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 1, p. 89-120.

GAUDILLIERE, J.-P., JOLY, P.-B. (2006), « Appropriation et régulation des innovations biotechnologiques : pour une comparaison transatlantique », *Sociologie du travail*, 48 (3), p. 330-349.

GILBERT, C. (2003), « La fabrique des risques », *Cahiers internationaux de sociologie*, 1 (114), p. 55-72.

GILBERT, C., HENRY, E. (2012), « La définition des problèmes publics : entre publicité et discrétion », *Revue française de sociologie*, 53 (1), p. 35-59.

HENRY, E. (2011), « Nouvelles dynamiques de savoirs et permanence des rapports de pouvoir. L'impact – limité – des transformations – importantes – de l'expertise en santé au travail », *Revue française de science politique*, 61, (4), p. 707-726.

HIRSCHMAN, A. (1995), *Un certain penchant à l'autosubversion : essais*. Paris, Fayard.

JOLY, P.-B., MARRIS, C. (2003), « Les Américains ont-ils accepté les OGM ? : Analyse comparée de la construction des OGM comme problème public en France et aux États-Unis », *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, 68-69, p. 12-45.

KELLE, A. (2005), « Biodefense, Bioterrorism and the Securitization of Public Health in the United States of America », *Working paper for the 2005 ISA Annual Conference*.

KRIGE, J. (2014), « National Security and Academia: Regulating the International Circulation of Knowledge », *Bulletin of Atomic Scientists*, 70, (2), p. 42-52.

KRIGE, J. (à paraître) « Regulating the Academic “Marketplace of Ideas” Commercialization, Export Controls, and Counterintelligence », *Engaging Science, Technology and Society*.

KRIMSKY, S. (1991), *Biotechnics and Society: The Rise of Industrial Genetics*, Westport, Praeger.

KRIMSKY, S. (2005), « From Asilomar to Industrial Biotechnology: Risks, Reductionism and Regulation », *Science as Culture*, 14 (4), p. 309-323.

KURZWELL, R., JOY, B. (2005), « Recipe for Destruction », *The New York Times*, 17 Octobre.

Sara Angeli Aguiton, « Du bon usage du terrorisme. Risque, biosécurité et gouvernement d'une biotechnologie contestée », *Gouvernement et action publique* 2015/3 (N° 3), p. 31-55.

LEVIDOW, L., CARR, S. (2000), « Unsound Science? Transatlantic Regulatory Disputes over GM Crops », *International Journal of Biotechnology*, 2(1), p. 257-273.

MALLARD, G. (2006), « Quand l'expertise se heurte au pouvoir souverain : la nation américaine face à la prolifération nucléaire, 1945-1953 », *Sociologie du travail*, 48 (3), p. 367-389.

MALLARD, G., PARADEISE, C., PEERBAYE, A. (2006), « Sciences et souverainetés : les sciences au cœur du projet national ? », *Sociologie du travail*, 48 (3), p. 279-285.

MAUER, S., LUCAS, K., TERREL, S. (2006), *From Understanding to Action: Community-Based Options for Improving Safety and Security in Synthetic Biology*.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Committee on Research Standards and Practices to Prevent the Destructive Application of Biotechnology (Fink), (2004), *Biotechnology Research in an Age of Terrorism*, Washington D.C., National Academies Press.

NATIONAL SCIENCE ADVISORY BOARD FOR BIOSECURITY, (2006), *Addressing Biosecurity Concerns related to the Synthesis of Select Agents*.

NATIONAL SCIENCE ADVISORY BOARD FOR BIOSECURITY, (2010), *Addressing Biosecurity Concerns related to Synthetic Biology*.

PESTRE, D. (2003), *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, Paris, INRA.

RABINOW, P., BENNETT, G. (2011), *Designing Human Practices: An experiment with Synthetic Biology*, Chicago (Ill.), University of Chicago Press.

RAIMBAULT, B. (2013), *Caractérisation de l'émergence d'une discipline technoscientifique : la biologie de synthèse*, Mémoire de Master 2, Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales.

RAJAN, K. S. (2006), *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*, Duke (NC), Duke University Press.

RANDERSON, J. (2006), « Revealed: The Lax Laws that Could Allow Assembly of Deadly Virus DNA. Urgent Calls for Regulation after Guardian Buys Part of Smallpox Genome through Mail Order », *The Guardian*, 14 juin.

RATH, J., ISCHI, M., PERKINS, D. (2014), « Evolution of Different Dual-use Concepts in International and National Law and Its Implications on Research Ethics and Governance », *Science and Engineering Ethics*, 20 (3), p. 769-790.

REPPY, J. (2003), « Regulating Biotechnology in the Age of Homeland Security », *Sciences Studies*, 16 (2), p. 38-51.

SHARP, P. (2005), « 1918 flu and responsible science », *Science*, 310 (5745), p. 17.

Sara Angeli Aguiton, « Du bon usage du terrorisme. Risque, biosécurité et gouvernement d'une biotechnologie contestée », *Gouvernement et action publique* 2015/3 (N° 3), p. 31-55.

SHETTY, R. (2012), « The Lag Phase of Commercial Gene Synthesis » [<http://blog.ginkgobioworks.com/2012/01/14/commercial-gene-synthesis/>]. Consulté le 18 août 2014.

TUMPEY, T., BASLER, C., AGUILAR P. *et al.* (2005), « Characterization of the reconstructed 1918 Spanish influenza pandemic virus », *Science*, 310 (5745), p. 77-80.

THE COMMISSION ON THE INTELLIGENCE CAPABILITIES OF THE UNITED STATES REGARDING WEAPONS OF MASS DESTRUCTION, (2005), *Report to the President of the United States*.

VOIGT, C. *et al.* (2011), *Synthetic Biology, Part B: Computer Aided Design and DNA Assembly*, Volume 498 du manuel *Methods in Enzymology*.

WELSH, I., WYNNE, B. (2013), « Science, Scientism and Imaginaries of Publics in the UK: Passive Objects, Incipient Threats », *Science as Culture*, 22(4), p. 540-566.

WRIGHT, S. (1994), *Molecular Politics, Developing American and British Regulatory Policy for Genetic Engineering, 1972-1982*, Chicago (Ill.), University of Chicago Press.

WYNNE, B. (2005), « Risk as Globazing 'Democratic' Discourse? Framing Subjects and Citizens », in LEACH, M., SCOONES, I., WYNNE, B. (eds), *Science and Citizens: Globalization and the Challenge of Engagement*, Londres, Zed Books, p. 66-82.

ZYLBERMAN, P. (2013), *Tempêtes microbiennes. Essai sur la politique de sécurité sanitaire dans le monde transatlantique*, Paris, Gallimard.