

BRICOLER, DOMESTIQUER ET CONTOURNER LA SCIENCE : L'ESSOR DE LA BIOLOGIE DE GARAGE

Morgan Meyer

La Découverte | Réseaux

2012/3 - n° 173-174
pages 303 à 328

ISSN 0751-7971

Article disponible en ligne à l'adresse:

<http://www.cairn.info/revue-reseaux-2012-3-page-303.htm>

Pour citer cet article :

Meyer Morgan, « Bricoler, domestiquer et contourner la science : l'essor de la biologie de garage »,
Réseaux, 2012/3 n° 173-174, p. 303-328. DOI : 10.3917/res.173.0303

Distribution électronique Cairn.info pour La Découverte.

© La Découverte. Tous droits réservés pour tous pays.

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

BRICOLER, DOMESTIQUER ET CONTOURNER LA SCIENCE

L'essor de la biologie de garage

Morgan MEYER

« [Dans] un certain sens, nous sommes en train de retourner vers quelques-unes des racines de la biologie, où les scientifiques avaient des laboratoires dans leurs petits salons. [...] C'était de la science petit salon. C'était quelque chose qui ne se produisait pas souvent dans des cadres institutionnels ; c'était quelque chose qui se produisait à la maison. » Jason Bobe, co-fondateur de DIYbio¹

Il y a aujourd'hui un nombre croissant de passionnés qui, dans des laboratoires rudimentaires construits dans leurs garages, cuisines ou caves, expérimentent avec la biologie moléculaire. Ce mouvement, appelé « biologie de garage »² ou « do-it-yourself biology » (ou parfois aussi « biologie de cuisine ») a attiré l'attention de nombreux commentateurs (p.ex. Ledford, 2010 ; Sawyer, 2011 ; Wohlsen, 2011 ; Wolinsky, 2009). La biologie de garage est souvent célébrée pour le potentiel qu'elle détient pour la démocratisation de la science, pour l'essor d'une « science citoyenne », pour l'empowerment des gens ordinaires et pour sa valeur éducative, économique et socioculturelle. Par exemple, certains auteurs estiment que « *la DIY biology représente beaucoup plus qu'un hobby : elle démocratise la science et donne aux gens l'accès à leurs propres données biologiques de la manière la plus directe possible* » (Wolinsky, 2009, p. 684). Ses pratiquants sont décrits comme une « preuve créative du principe du hacker » (Ledford, 2010, p. 650) et le mouvement comme représentant un « *exemple d'une traduction directe des pratiques de logiciels libres et de piratage vers le domaine des cellules, des gènes et des laboratoires* » (Delfanti, 2010, p. 108). Delfanti (2010, p. 119) écrit : « La DIYbio incarne les visages très différents du hacking tels

1. L'auteur tient à remercier Francesca Musiani, Liliana Doganova, Florian Charvolin, Alessandro Delfanti, Jean Foyer, Frédéric Keck, Thomas Landrain, Johan Söderberg et les lecteurs anonymes pour leurs commentaires.

2. Le terme « biologie de garage » est utilisé dans la littérature académique mais il présente quelques inconvénients : d'autres lieux que les garages sont transformés en lieux d'expérimentation et le terme met la focale sur l'aspect spatial aux dépens de l'aspect « bricolé » de cette biologie (suggéré par le terme « do-it-yourself biology »). Nous reviendrons dans la conclusion sur ces termes.

l'ouverture et le partage de données et de connaissances, ainsi que l'ouverture des portes des institutions scientifiques, mais aussi la rébellion, l'hédonisme, la passion, l'esprit communautaire, l'individualisme et l'esprit entrepreneur, la méfiance envers la bureaucratie. » Mais des inquiétudes face à ces nouvelles formes et ces nouveaux lieux de la biologie sont également exprimées : bricoler avec la biologie hors des institutions scientifiques est un risque potentiel pour la sécurité d'un pays (une crainte surtout exprimée aux États-Unis) et un danger potentiel pour les personnes et pour l'environnement. À l'heure actuelle, cependant, il n'y a pas encore eu de percée majeure dans le domaine – ses applications étant, par exemple, la production de yaourt fluorescent, de tests pour détecter des maladies génétiques, ou la *BioWeatherMap* (l'échantillonnage de micro-organismes par des citoyens).

Le point de départ de ce papier est une caractéristique évidente, mais cruciale, de la biologie de garage : c'est une pratique qui se déroule dans l'enceinte de maisons privées. En amenant la biologie dans les garages de particuliers les frontières entre amateurs et experts, entre scientifiques et citoyens, entre universités et foyers sont potentiellement reconfigurées. D'autres limites deviennent particulièrement saillantes et problématiques à travers ces changements : entre les usages responsables et criminels de la technologie, entre la manipulation sûre du biologique et des expériences dangereuses, entre le garage et le monde extérieur, entre la biologie de garage et la « vraie » biologie dans une université. L'essor de la biologie de garage appelle donc à une analyse de sa distribution, de sa spatialité et de sa matérialité : où, précisément, la biologie de garage a-t-elle lieu ? Où et comment les gens partagent-ils leurs connaissances afin de construire leurs laboratoires ? (Comment) la maison est-elle reliée ou opposée à des institutions publiques ? En bref, la *géographie de la biologie de garage* mérite une analyse académique. Cet article poursuit comme objectif principal d'analyser les lieux, la spatialité et la matérialité de la biologie de garage. Le papier s'inscrit ainsi dans la littérature croissante sur la géographie du travail scientifique (voir entre autres Livingstone, 2003 ; Naylor, 2005 ; Powell, 2007 ; Finnegan, 2008). Les aspects sécuritaires et juridiques ne seront pas traités directement, ceci pour deux raisons : d'une part, ces aspects ont déjà donné lieu à un certain nombre de commentaires et d'articles (Anderson *et al.*, 2010 ; Gorman, 2011 ; Schmidt, 2008) et, d'autre part, cet article veut justement se concentrer sur les aspects matériels et géographiques de la biologie de garage. Ce qui veut dire que la focale est placée non sur les significations symboliques et les effets de la biologie de garage, mais plutôt sur les matériaux et les outils employés (l'article suit donc l'approche préconisée par Shove *et al.*, 2007 dans leur étude de pratiques « do-it-yourself »). L'approche méthodologique a été la

suivante : une revue quasi exhaustive de la littérature académique a été réalisée³, les sites web et les forums internet des principales associations et réseaux (comme *DIYbio*, *Genspace* et *BioCurious*) ont été analysées, la littérature grise sur le sujet a été consultée et, pour un cas particulier, l'association *La Paillasse* à Paris, des entretiens et des observations ont été effectuées.

Dans la partie suivante, nous allons passer en revue les espaces de la science amateur, c'est-à-dire les lieux et les disciplines dans lesquels on retrouve des amateurs qui produisent des connaissances scientifiques. Ensuite, un aperçu de l'essor de la biologie de garage sera donné. Deux laboratoires dans lesquels des biologistes de garage travaillent seront présentés plus en détail : un laboratoire communautaire (*La Paillasse* à Paris) et un laboratoire privé (à Boston). D'intérêt particulier seront les matériaux, les outils et les objets qui sont partagés, (re)construits ou achetés pour construire un laboratoire – par exemple, des outils open source comme le *DremelFuge* ou la *OpenPCR*. Ceci nous amènera à conclure que la biologie de garage est un sujet particulièrement riche en raison de sa culture matérielle, son utilisation d'objets et de « contournements créatifs », et des économies ouvertes d'équipement scientifique sur lesquelles elle est fondée.

ESPACES ET FRONTIÈRES DE LA SCIENCE AMATEUR

Des collaborations entre professionnels et amateurs, et le fait que des amateurs et des bénévoles produisent de la science ne sont pas un phénomène récent. Bien au contraire : depuis ses débuts, le travail scientifique a été mené par divers groupes d'acteurs : chercheurs, amateurs, professionnels, patients, etc. (pour un tour d'horizon sur le sujet voir Flichy, 2010, pp. 65-85). Quatre exemples peuvent être mentionnés ici.

Un premier exemple est ce que l'on appelle, depuis la fin des années 1980, l'épidémiologie populaire, « *un processus par lequel des profanes recueillent des données scientifiques et d'autres informations et dirigent et mobilisent les connaissances et les ressources des experts pour comprendre l'épidémiologie d'une maladie* » (Brown, 1992). Deuxièmement, depuis cette même

3. Les articles contenant des mots clés définis (comme « garage biology », « kitchen biology », « do-it-yourself biology » et « DIY biology ») ont été recherchés dans les bases de données habituelles (Scopus, Web of Knowledge, Scholar Google) et ont été travaillés (il s'agit d'une quarantaine d'articles environ).

période, les militants du traitement du SIDA sont impliqués dans la production et l'évaluation de connaissances biomédicales (Epstein, 1995). Dans ce cas aussi, des profanes sont engagés dans la pratique scientifique et rendent donc questionnable l'idée que seuls des experts peuvent s'engager dans des travaux de recherche. Un troisième exemple est l'Association Française des Myopathies (Callon, 1998 ; Callon *et al.*, 2001), une association créée en 1958, composée principalement de patients et de leurs familles qui sont parfois activement impliqués dans la recherche scientifique et qui collaborent fréquemment avec des professionnels. Ensuite, au sein de l'histoire naturelle, il y a depuis au moins deux siècles, une importante tradition d'amateurs qui font du travail de terrain et qui produisent des connaissances (Alberti, 2001 ; Charvolin *et al.*, 2007). Dans tous ces cas, la production de connaissances est un travail collectif où les utilisateurs sont particulièrement actifs, plutôt qu'une activité confinée seulement aux chercheurs. Ce « modèle de co-production » des connaissances (Callon, 1998) permet donc une collaboration étroite entre des spécialistes et des amateurs. (La co-production du marché par les consommateurs et la façon de laquelle ces derniers sont « engagés » (Debuisson-Quellier, 2009), « malins » (Roux et Guiot, 2008), à la fois consommateurs et producteurs (Dujarier, 2008) a été étudiée récemment. Tandis qu'il serait intéressant d'explorer les parallèles avec cette littérature, il faut noter, cependant, que les biologistes de garage ne « produisent » et ne « consomment » en général pas des biens de marché et qu'ils sont généralement opposés à de telles pratiques – leurs pratiques s'inscrivant plutôt dans des idéologies d'open source, de hacking, et de wikis.)

Ce ne sont là que quelques exemples de ce qu'on pourrait appeler les « espaces de la science amateur ». Les espaces de la science amateur sont, d'une part, liés à des champs disciplinaires : l'histoire naturelle (dont la botanique, la zoologie, l'entomologie, l'ornithologie), l'astronomie, l'épidémiologie, etc. D'autre part, il y a des endroits physiques spécifiques dans lesquels on peut observer des amateurs produire et partager des connaissances : le terrain (pour faire des observations (voir Kuklick et Kohler, 1996)), le musée (pour travailler avec des spécimens (voir Ellis et Waterton, 2005 ; Star et Griesemer, 1989)), le pub ou le coffee house (comme lieu de rencontre pour les sociétés savantes (voir Secord, 1996)), ou encore la maison.

Livingstone (2003, p. 42) écrit que le terrain est « *un espace ouvert [...] moins facilement défini, borné et policé que ses homologues intra-muros comme le laboratoire ou le musée* » (voir aussi Livingstone, 2005). Dans une même veine, il a été soutenu que « *la traduction culturelle reste une possibilité*

persistante et omniprésente dans les sciences de terrain, beaucoup plus que dans les disciplines de laboratoire » et que les relations entre professionnels et amateurs dans les sciences de terrain « *n'ont presque pas de parallèle dans les sciences de laboratoire* » (Kuklick et Kohler, 1996, p. 4 ; voir aussi Kraft et Alberti, 2003). Peut-être, avec la montée de la biologie synthétique et de la biologie de garage, le laboratoire peut-il désormais aussi devenir un lieu de « traduction culturelle » entre amateurs et professionnels. Cet article montre qu'une telle « traduction culturelle » est rendue possible surtout par une transformation matérielle : de garages en laboratoires, d'objets ordinaires en équipements scientifiques.

Les espaces de la science amateur et ceux de la science professionnelle se chevauchent parfois et, par conséquent, l'examen des relations entre amateurs et professionnels « exige une sensibilité géographique » (Alberti, 2001, p. 142). Pourtant, en dépit – et très probablement à cause – de ces relations, il n'est pas rare de voir les limites de la science « professionnelle » articulées et policées. Le « travail-frontière » autour des définitions et des territoires de production des connaissances est un enjeu fréquent. L'argument avancé dans les études sociales de la science (*science studies*) est que ce qui délimite la science n'est pas un ensemble de caractéristiques/méthodes essentielles ou transcendantes mais un ensemble de circonstances contingentes (Guston, 2001, p. 399 ; Evans, 2005, p. 3). La démarcation de la science est une affaire de pouvoir et d'autorité, plutôt qu'une question de vérité (Evans, 2005, p. 7). Gieryn (1983, 1995, 1999) conçoit la science comme un espace sur des cartes de la culture, délimitée d'autres territoires. Il écrit : « *Ces cartes culturelles localisent (c'est-à-dire donnent un sens à) des blouses blanches de laboratoire, des laboratoires, des revues techniques, des normes de pratique scientifique, des accélérateurs linéaires, des données statistiques et l'expertise* » (Gieryn, 1999, p. x). Les espaces autour des bords de la science sont un terrain perpétuellement contesté et ce qui est en jeu c'est la crédibilité et l'autorité de la science au sein d'« épreuves de crédibilité ». Ces épreuves se divisent en trois genres, en trois sortes de « travail-frontière » : expulsion, expansion et protection d'autonomie. Quand il y a expulsion, « *la vraie science est délimitée de plusieurs catégories d'imposteurs : la pseudoscience, la science amateur [...]. Le travail-frontière devient un moyen de contrôle social* » (Gieryn, 1999, p. 16). L'expansion, c'est quand des « *autorités épistémiques rivales s'affrontent pour [...] le contrôle d'un domaine ontologique contesté* » (Gieryn, 1999, p. 16). Et au cours de la protection d'autonomie, « *les scientifiques érigent des murs interprétatifs pour protéger leur autorité professionnelle* » surtout si des pouvoirs externes essaient « *d'exploiter cette autorité de manière à*

compromettre les ressources matérielles et symboliques de la science à l'intérieur » (Gieryn, 1999, p. 17).

Trois aspects des frontières et du travail-frontière doivent être soulignés pour l'analyse proposée dans cet article. Tout d'abord, la fabrication et la dynamique des frontières sont des processus qui prennent des formes diverses (culturelles, sociales, matérielles, etc.). Deuxièmement, les frontières de la science peuvent devenir perméables : des ponts peuvent être construits et des différences temporairement ou localement surmontées par des échanges et des communications à travers des lignes de division. Ainsi, tout en étant délimitée, la science professionnelle peut être plus étroitement liée à des amateurs. Troisièmement, la matérialité des frontières est une question importante : toute démarcation et/ou hybridation est liée à des lieux, des outils et des objets dans / avec lesquels la science est pratiquée.

Il faut souligner que la collaboration entre amateurs et professionnels n'est pas récente. En histoire naturelle, par exemple, il y a toujours eu un riche échange entre amateurs et professionnels. Même avec le développement de la biologie de laboratoire à la fin du XIX^e siècle, les amateurs ont continué à collaborer avec les biologistes de laboratoire (Alberti, 2001). Que ce soit en histoire naturelle ou en astronomie, les amateurs et les professionnels ont eu des relations fructueuses et continues (Lankford, 1981, p. 276). Et dans le domaine de la médecine, des associations de malades sont depuis plusieurs décennies impliquées dans la recherche scientifique (Rabeharisoa *et al.*, 1998 ; Rabeharisoa et Callon, 1999). La biologie de garage se trouve donc à la fois en continuité et en rupture avec l'histoire de la place des amateurs en science. En continuité, puisque la coproduction de savoirs entre amateurs et professionnels a toujours existé et puisque le « bricolage » d'objets et d'équipements est une activité courante au sein des amateurs. Mais de l'autre côté, l'« amateurisation » de la biologie moléculaire et la possibilité de construire des laboratoires de biologie à la maison représentent aussi quelque chose de nouveau et la création de nouveaux outils et réseaux, de nouvelles associations, dénominations et controverses, font preuve d'une certaine originalité du phénomène. D'une certaine façon, la biologie de garage représente même un renouveau par un « retour en arrière ». Vu que la « *disjonction entre lieux de résidence et lieux où les savoirs scientifiques sont produits est de nos jours presque absolue* » (Shapin, 1988, p. 404) – alors que ces deux lieux étaient étroitement liés aux XVII^e et XVIII^e siècles –, la biologie de garage est donc parfois interprétée comme un « retour » vers les « racines de la biologie » (voir la citation du début de cet article).

LES ESPACES DE LA BIOLOGIE DE GARAGE

Les origines de la biologie de garage sont multiples. Il y a tout un ensemble diversifié de lieux dans lesquels des laboratoires, des associations et des réseaux ont émergé. En fait, une description approfondie de la biologie de garage nécessiterait aussi un examen de ses liens étroits avec le mouvement hacker, avec la biologie synthétique, les wikis, etc. (ce qui est au-delà du cadre de cet article, mais voir Delfanti, 2010 ; Kelty, 2010 ; Weiss, 2011 ; Bennett *et al.*, 2009 pour plus de détails). Il faut, cependant, brièvement mentionner la « filiation » avec le mouvement open source. La biologie de garage s'inscrit dans le mouvement plus global de l'*open science*, elle-même inspirée par le mouvement *open source*, qui s'est développé depuis les années 1990 (voir Hedford, 2010). Depuis quelques années maintenant, le mouvement *open source* est en train de se développer dans le monde de la biotechnologie et la question souvent posée est celle de savoir si les effets seront comparables à ceux dans le domaine informatique (Hope, 2008)⁴. Notons, toutefois, que dans la littérature académique et la littérature grise cet argument se décline en plusieurs versions : le mouvement *open source* est en train d'être « appliqué », « traduit » ou de se « répandre » au sein de la biologie, et cette dernière et le mouvement *open source* seraient en train de « converger » (ce qui n'est pas tout à fait la même chose). D'autre part, cette filiation idéologique s'observe aussi au niveau spatial et matériel, puisque les outils informatiques et les espaces physiques de travail et de réunion sont souvent partagés et au niveau sémantique, avec l'apparition de termes hybrides comme « biohackers ».

Une association qu'il faut mentionner est DIYbio (Do-it-yourself biology), sans doute la première et la plus grande association dédiée à la biologie de garage au monde. DIYbio a été créé dans la région de Boston en 2008 et se décrit comme une « institution pour le biologiste amateur ». La première réunion du groupe a eu lieu dans un pub irlandais à Cambridge, avec environ 25 personnes présentes (y compris des ingénieurs, des étudiants et des professeurs d'université). L'association a continuellement enrôlé de nouveaux membres et elle compte de nos jours environ 2000 membres. Des associations comme DIYbio sont aujourd'hui présentes partout dans le monde : Inde (Bangalore), Danemark (Copenhague), Royaume-Uni (Londres et Manchester), Espagne (Madrid), France (Paris), Canada (Vancouver), Singapour

4. Hope (2008) ne mentionne pas explicitement la biologie de garage ou la « do-it-yourself biology » dans son livre mais traite de la naissance et de la faisabilité de ce qu'elle appelle la « open source biotechnology » ou open source « biobazaar ».

(un blog), Allemagne (Berlin et Fribourg). La plupart des groupes de biologie de garage, cependant, sont localisés aux États-Unis (Baltimore, Boston, Cambridge, Chicago, Houston, Los Angeles, Mountain View, New York, San Diego, San Francisco, Seattle...). Le « quartier général » du biohacking (la plupart des biologistes de garage se font appeler « biohackers ») est sans doute le Massachusetts Institute of Technology.

Un exemple européen est l'association *La Paillasse* qui a été récemment créée à Paris et qui se décrit comme « une plate-forme physique et sur le Web pour des citoyens scientifiques, des biologistes amateurs, des chercheurs et entrepreneurs qui favorise la science ouverte, les débats et les exercices pratiques des biotechnologies » et comme « un groupe de gens passionnés de biologie, chacun avec son domaine d'expertise, d'intérêt et de dévouement » (voir plus loin).

Pourtant, même si de nombreux groupes comme DIYbio et *La Paillasse* ont émergé au cours des quatre dernières années et même s'ils possèdent maintenant des sites Internet, des blogs ou des espaces de laboratoire, il s'avère difficile d'estimer le nombre de personnes qui font de la biologie dans leurs propres garages. Les évaluations varient considérablement. Par exemple, un chercheur en *science studies* a déclaré en 2010 que « *les médias surestiment et mythifient des pratiques très pauvres : en ce moment la biologie de garage n'est pas un lieu de recherche et d'innovation* » (Delfanti, 2010, pp. 109-10). Ceci contraste avec des journalistes qui à ce sujet parlent de « centaines de ces chercheurs, et beaucoup font de la recherche hautement spécialisée sur le séquençage d'ADN et des expériences avec des bactéries vivantes » (Anonyme, 2009b) ou que des « *scientifiques amateurs créent des microbes mutants dans les laboratoires qu'ils ont mis en place dans leurs propres maisons* » (Moore, 2009). Qu'il suffise de dire ici que l'ampleur de la biologie de garage est donc difficile à estimer, ceci pour au moins deux raisons : la biologie de garage est un phénomène très récent et émergent et, deuxièmement, elle se déroule très souvent à la maison, ce qui la rend moins publique, moins institutionnalisée et moins visible que la biologie qui se fait dans des laboratoires universitaires par exemple.

Les gens qui se lancent dans la biologie de garage viennent généralement de milieux différents et ont des intérêts et des motivations diverses. Nous trouvons des biologistes, des informaticiens, des bioartistes, des hackers, des étudiants, des professeurs d'université, etc. (Delfanti, 2010). Le fondateur de DIYbio estime que son association regroupe 95 % d'amateurs « biocurieux »,

le reste étant des chercheurs, artistes, entrepreneurs et hackers (Cowell, 2010). Comme pour le cas des sciences de terrain, les praticiens sont hétérogènes, les communautés sont ouvertes et les membres rejoignent des réseaux avec des degrés d'intensité variables (Kuklick et Kohler, 1996)⁵. Les projets sur lesquels ils travaillent sont aussi très divers : extraire leur propre ADN, faire des tests pour détecter des maladies génétiques, essayer de construire des alternatives à des équipements coûteux, ou des projets plus ludiques comme la production de yaourt fluorescent. Aussi, il faut noter que même si les discours des associations et des réseaux dédiés à la biologie de garage soulignent le fait qu'elle est ouverte aux « amateurs » et aux « citoyens », dans la pratique on trouve beaucoup de personnes qui ont déjà un intérêt prononcé, souvent professionnel, pour les sciences, comme des doctorants en biologie qui se lancent dans des projets secondaires et ludiques ou des artistes qui utilisent la science dans leurs travaux. Les associations et les projets de « do-it-yourself biology » qui ont vu le jour à Paris et à Boston, par exemple, ont été créés par des doctorants en biologie synthétique et en bioinformatique respectivement. Quant au public visé, celui-ci se veut ouvert, hétérogène et rassemblant spécialistes et profanes. La biologie de garage n'est donc pas encore une « science amateur » déjà réalisée, mais plutôt une science amateur « en devenir » ou « promesse ».

Deux exemples : un laboratoire communautaire et un laboratoire privé

Passons à la description de deux de ces laboratoires dans lesquels la biologie de garage a lieu : un laboratoire « communautaire » et un laboratoire privé.

La Paillasse, Paris. La Paillasse a été créée par Thomas Landrain, un doctorant à l'Institut de Biologie Systémique et Synthétique à Paris (Genopole, CNRS). Landrain explique : « *Ayant la chance de pouvoir m'épanouir tous les jours au sein d'un laboratoire de recherche, j'ai d'abord voulu offrir la possibilité à chacun de vivre cette même expérience. Nous nous sommes d'abord*

5. Vu cette diversité de motivations, d'intérêts et de formes d'association et vu la multiplicité d'identités et de lieux qui la caractérisent, la biologie de garage ne ressemble pas à une communauté (qui serait plus au moins unifiée et stabilisée) mais elle se manifeste plutôt comme un « collectif épistémique », c'est-à-dire un assemblage plus au moins lâche, émergent, distribué et hétérogène d'objets, de lieux et de personnes. Pour des discussions et revues de littérature sur les notions de « communauté épistémique » et « communauté de pratique », voir Amin et Roberts (2008) et Meyer et Molyneux-Hodgson (2011) ; pour une discussion sur les amateurs comme « collectif épistémique », voir Meyer (2010).

inspirés de la communauté DIYbio née aux USA et en s'appuyant sur la communauté des FabLab et Hackerspace Français, tout particulièrement le /tmp/lab et l'Electrolab, nous avons pu faire émerger le premier laboratoire ouvert français pour les biotechnologies, la Paillasse » (cité dans Sussan, 2011).

Informellement créée en 2008 et officiellement lancée en 2011, l'association La Paillasse travaille dans un « esprit DIYbio », se dit « accessible à tous » et vise des « approches très ouvertes, diverses et possiblement opposées à la biologie ». La « mailing list » de La Paillasse compte environ 80 membres dont un « noyau dur » de 10 personnes. L'association s'investit actuellement dans deux espaces. Le premier est dédié à la discussion de projets pour lesquels on n'a pas besoin de matériaux particuliers, comme des projets informatiques/électroniques ou des « projets légers » en biologie. Le second espace, plus réglementé, comporte des machines et de l'équipement pour des projets « plus lourds ». Ce dernier espace est basé à l'Electrolab, un laboratoire situé dans la zone industrielle de Nanterre, au nord-ouest de Paris. Si au début de son histoire, l'association ne disposait que d'une toute petite surface (quelques mètres carrés à peine d'une paillasse dans le laboratoire Electrolab), La Paillasse occupe depuis décembre 2011 un vrai laboratoire, cette fois-ci de 15 mètres carrés. C'est surtout le Genopole, l'institution majeure dans le domaine de la recherche génétique en France, et un ancien laboratoire de la Mairie de Paris qui ont fait des dons de matériel de laboratoire – p.ex. un bain-marie, des agitateurs, une centrifugeuse, des frigos, une machine PCR. Mais l'obtention d'autres matériaux s'avère plus difficile. Un des fondateurs de La Paillasse explique : « *Il nous manque encore les consommables, des enzymes, des bactéries. Je ne sais pas comment on va s'approvisionner auprès des fournisseurs, ils n'ont pas l'habitude de traiter avec des associations. C'est l'inconnu, nous sommes les premiers en France.* » Au niveau des outils scientifiques, le but de l'association est de « développer et distribuer les outils nécessaires pour réaliser des études et des expériences biologiques » et ainsi de contribuer « également à la communauté internationale de biohackers en fournissant nos outils dans un format *open source* ». Comme on le verra plus loin, en fournissant des outils *open source*, on donne aussi des moyens aux citoyens pour pouvoir surmonter certaines frontières de la science en leur mettant à disposition des outils peu coûteux et très mobiles (voir aussi Delfanti, 2010).

La Paillasse travaille actuellement sur une multitude de projets : l'atelier « bioéthique » qui veut définir les limites actuelles de la juridiction française et européenne quant à la manipulation d'échantillons biologiques et chimiques et donc aider La Paillasse à fournir « un cadre juridique à ses activités

expérimentales et sociales » ; la fabrication de kits de détection d'OGM dans la nourriture ; la création d'énergie renouvelable à partir de déchets, de bactéries et d'algues ; des projets dans le domaine de l'informatique, etc. Mais, à côté d'être un projet scientifique, La Paillasse est aussi explicitement un projet à visée politique. Comme l'explique un des deux fondateurs de l'association, « *les citoyens doivent avoir dans leurs mains un contre-pouvoir pour participer aux choix sociétaux concernant l'utilisation de ces technologies* ». La Paillasse a, en fait, une triple vocation : scientifique, idéologique et ludique.

Une des histoires les plus médiatisées de la biologie de garage (*Le Monde*, Sky News) est celle de Kay Aull, une étudiante en bioinformatique à l'Université de Californie, San Francisco. Pour le montant d'environ 1000 dollars, cette jeune étudiante a mis en place un petit « laboratoire » dans un placard de son appartement à Boston. Sur la photo 1, on voit le laboratoire de Aull dans son placard : sur l'étagère du bas il y a un thermocycleur, sur l'étagère au-dessus un incubateur, au-dessus de cet incubateur on voit une machine pour faire des électrophorèses et un appareil pour produire de la lumière bleue, et sur les étagères du haut il y a des réactifs et différents objets et récipients en plastique.

Aull a construit plusieurs de ces équipements elle-même, par exemple : un cuiseur à riz pour distiller de l'eau ; un incubateur fabriqué à partir d'une boîte d'emballage en polystyrène, le thermostat d'un aquarium, un ventilateur, un coussin chauffant et un thermomètre digital ; une boîte électrifiée pour séparer l'ADN construite à partir d'un cadre photo et d'une boîte en plastique enveloppée de papier aluminium ; de la lumière bleue (pour être en mesure de voir l'ADN) à partir d'une boule de Noël bleue (voir Eudes, 2009 ; Wohlsen, 2011 ; Moore 2009). D'autre part, elle a acheté certains équipements en occasion, comme une machine PCR pour 59 dollars sur eBay. Grâce à ces outils plutôt basiques et bricolés, elle a été capable de construire un test d'hémochromatose. Son père a été diagnostiqué avec cette maladie génétique et elle voulait savoir si elle portait la même mutation que son père (ce qui est le cas). Commentant cette histoire, l'auteur du livre *Biopunk: DIY Scientists Hack the Software of Life* (Wohlsen, 2011, p. 15) écrit : « *Le test de Aull ne représente pas une nouvelle science, mais une nouvelle façon de faire de la science. Un élément pratique de biotechnologie, basé sur la biologie la plus sophistiquée, a été construit dans un placard à l'aide d'équipement ballotté.* » Dans *Technology Review*, une revue grand public dédiée à la technologie, une des manipulations de Aull est finement décrite (avec quelques schémas en appui) :

Photo 1.



Photo du laboratoire de Kay Aull dans son placard.

Aull prélève d'abord, avec un coton-tige ordinaire, quelques cellules de sa muqueuse buccale. Pour extraire l'ADN de ces cellules, elle coupe la tête des cotons-tiges contenant l'échantillon de tissu et le place dans un [tube Eppendorf]. Ensuite, Aull coince ce tube dans un trou dans son presse-purée et le met dans une casserole d'eau bouillante sur le feu, de sorte que les cellules éclatent par la chaleur et libèrent leur ADN. Pour produire une plus grande quantité de brins d'ADN, afin d'en avoir en nombre suffisant pour démontrer la présence d'un gène, d'autres ingrédients sont nécessaires : avec une seringue standard comme on en trouve dans les pharmacies, [...] elle rajoute certaines enzymes et composants d'ADN. Ces ingrédients, elle les a commandés en ligne à des entreprises de biotechnologie pour moins de 100 \$, la recette peut être lue sur Internet (Karberg, 2009).

Cette « nouvelle façon de faire de la science » se joue donc à plusieurs niveaux : au niveau de l'accessibilité et de la réalisabilité d'expérimentations

scientifiques pour des non-spécialistes, au niveau de la disponibilité et de la mise en circulation de protocoles expérimentaux, au niveau du coût des équipements, etc. À travers ses expérimentations, Aull espère ainsi « démystifier le processus » de faire des tests génétiques, en montrant que « ce n'est pas de la magie ». « *C'est une leçon utile, même si la plupart des gens vont choisir un fournisseur commercial au lieu d'essayer de bricoler eux-mêmes. [...] Nous devons encourager les non-spécialistes à s'engager dans ce genre d'information* » (cité dans Wolinski, 2009, p. 685). En d'autres mots, on n'observe pas seulement une nouvelle façon de « faire » de la science, mais aussi des efforts pour la communiquer, la domestiquer, la « banaliser », c'est-à-dire pour rendre plus accessible et démocratique le « faire science ».

ÉQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES ET « CONTOURNEMENTS CRÉATIFS »

Comme on vient de le voir, un élément clé pour faire de la biologie de garage est le coût et l'achat de matériel scientifique. En effet, jusqu'à récemment, il était quasi impensable que des particuliers pouvaient construire leurs propres laboratoires de biologie à la maison car l'achat d'équipement scientifique était coûteux, difficile, rare, voire tout simplement impossible. Toutefois, l'abordabilité et la disponibilité de matériel scientifique ont beaucoup augmenté au cours des dernières années. Il y a de nos jours différents moyens par lesquels le coût de la mise en place d'un laboratoire à la maison (ou d'un laboratoire communautaire) devient plus abordable : l'achat d'équipement d'occasion, la transformation d'équipement, ou trouver des alternatives à certains équipements. Les exemples d'équipements transformés ou alternatifs qui figurent fréquemment sur les sites web, blogs, vidéos, ou articles consacrés à la biologie de garage incluent : la conversion de webcams en microscopes (en retirant la lentille et en la remettant en sens inverse) ; le *DremelFuge* comme substitut à une centrifugeuse conventionnelle ; une *Open PCR* au lieu d'une machine PCR conventionnelle ; mettre des tubes à essai sous ses aisselles afin de les incuber ; purifier l'ADN avec un mélange de sel de table non iodé, d'attendrisseur de viande et de shampoing.

Le *DremelFuge*, par exemple, est un outil créé en 2009 par Cathal Garvey à Cork, en Irlande. Ce dispositif *open source* peut être utilisé comme un substitut à une centrifugeuse classique. L'idée est de mettre un adaptateur sur une perceuse ou un autre outil rotatif, afin de centrifuger des tubes à essai. Ce faisant, les coûts sont diminués de 500 à 55 dollars environ. Garvey fait part de

son invention comme suit : « *Un dispositif pour centrifuger qu'on peut fixer à une perceuse ou tout autre outil rotatif pour centrifuger avec encore plus de puissance que la chose officielle, et qui ne coûte qu'une fraction minuscule du prix pour le faire et l'exploiter.* » Sur une vidéo postée sur YouTube, des instructions pour savoir comment utiliser l'appareil sont données. Dans cette vidéo, on voit Garvey expliquer le dispositif, montrer comment il fonctionne, comment mettre les tubes à essai dans le dispositif, avec quelle vitesse de rotation il fonctionne, donner quelques notes de précaution, etc. (Il existe actuellement deux versions de la *DremelFuge*.)

Un deuxième exemple est la *Open PCR*, une machine PCR *open source*, développée à San Francisco par deux ingénieurs (Tito Jankowski et Josh Peretto) et disponible depuis 2011⁶. Une machine PCR (pour Polymerase Chain Reaction) conventionnelle – un outil indispensable en biologie moléculaire pour amplifier *in vitro* des séquences d'ADN ou d'ARN – coûte aux alentours de 3000 dollars. La *Open PCR*, quant à elle, peut être commandée en ligne pour 599 dollars sous forme d'un kit qui contient différentes parties. Après commande, il faut ensuite rassembler les pièces à la maison (le montage prend entre trois et cinq heures). Les outils qui sont nécessaires pour le montage sont des tournevis standard et une pince à bec effilée. Et sur le site web de *OpenPCR*, des instructions concernant la manière de construire la machine sont disponibles dans un document de 74 pages, qui explique de façon très détaillée et à l'aide de nombreux schémas et de photos le processus (et qui ressemble un peu aux instructions pour les produits IKEA).

De tels équipements et astuces aident à diminuer considérablement le coût de création d'un laboratoire. Les biologistes de garage peuvent acheter ces produits soit via les sites web de producteurs/distributeurs soit, dans le cas d'équipement d'occasion, via des sites comme eBay, Amazon ou Craigslist. Pour ces types d'équipements, on trouve sur des sites comme YouTube ou Vimeo des instructions vidéo qui expliquent de façon détaillée comment les construire et les utiliser. Et de nombreux blogs et sites Internet dédiés à la biologie de garage fournissent des informations sur les lieux et les manières permettant d'acheter, de construire, de recevoir gratuitement ou de transformer tous ces équipements. On voit que l'Internet facilite le passage des amateurs

6. Dans un avenir proche il sera peut-être également possible d'acheter le *LavaAmp*, une version encore plus petite de la machine PCR qui, selon ses concepteurs, présente les avantages suivants : haute vitesse, faible coût, haute qualité, facilement transportable, mais qui ne sera pas disponible en *open source*.

du monde des gens ordinaires vers le monde des professionnels en mettant à leur disposition divers outils et points de passage (Flichy, 2010, p. 11 ; voir aussi Heaton *et al.*, 2011 pour une étude sur des collectifs en ligne autour de la botanique). Dans le cas de la biologie de garage, l'Internet fournit des plates-formes à travers lesquelles de l'équipement d'occasion peut être vendu et acheté, des dispositifs permettant aux gens de partager des instructions et des informations pour savoir comment trouver et construire des outils alternatifs gratuitement et, plus généralement, un médium pour connecter toute personne qui s'intéresse à la biologie de garage. En fait, l'Internet joue un rôle important dans cette économie émergente, alternative et multiforme d'équipements scientifiques qui soutient – et qui est soutenue par – la biologie de garage. Des parallèles avec le mouvement *open source* s'imposent : cette économie fait circuler des biens (pour construire des laboratoires), elle représente un mode de circulation particulier (la libre circulation/distribution) et elle autorise, voire encourage, des modifications aux biens circulés (Crémer et Gaudeul, 2004). D'autant plus que les réseaux, sites web et wikis dédiés à la biologie de garage permettent et encouragent les gens à « révéler gratuitement/librement » leurs innovations (voir von Hippel, 2005, pp. 77-91).

Différentes façons et voies existent à travers lesquelles des amateurs peuvent se procurer du matériel scientifique à bas prix. Comme un commentateur l'explique, les biologistes de garage peuvent « *voler, acheter des choses utilisées comme des bancs ou de la verrerie de laboratoires universitaires, ou utiliser l'adresse universitaire de leurs étudiants de deuxième cycle afin de se faire expédier du matériel par les entreprises* » (Delfanti, 2010, p. 117).

Trois points doivent être soulignés ici. Premièrement, l'essor de la biologie de garage ne dépend pas seulement du fait que le matériel scientifique devient moins cher et plus disponible. La *mutabilité* des objets est aussi extrêmement importante. Des objets ordinaires et des ressources modestes peuvent être transformés en outils scientifiques.

Deuxièmement, alors qu'une relation causale entre des outils bon marché et l'essor de la biologie de garage est souvent mise en avant, l'argument inverse tient aussi : pratiquer la biologie de garage appelle à des solutions créatives pour faire face au fait que les équipements scientifiques sont généralement coûteux et difficiles à se procurer. En d'autres termes, la biologie de garage favorise des solutions de « contournement créatif », c'est-à-dire des façons inventives de travailler sans matériaux conventionnels et coûteux (j'emprunte le terme de « creative workarounds » à Ledford (2010) qui n'a cependant pas

donné une définition de ce terme dans son article). La biologie de garage favorise au moins deux sortes de « contournement créatif ». D'une part, les gens utilisent des contournements créatifs *autour d'objets* quand ils les transforment, les combinent entre eux et les utilisent de manière inhabituelle. D'autre part, nous avons également observé des contournements créatifs *autour d'institutions* lorsque les gens essaient de contourner les liens économiques établis entre l'industrie et les universités (par exemple via des donations, des vols, ou en utilisant l'adresse d'une université). Autrement dit, deux sortes de contournements sont à l'œuvre : des objets sont « détournés » de leur utilisation primaire et des chemins alternatifs sont ajoutés aux voies habituelles sur lesquelles le matériel scientifique circule.

Un troisième point qui mérite d'être souligné ici est que les objets jouent un rôle clé dans le dépassement et le maintien des frontières de la science. Un grand nombre des outils que les biologistes de garage utilisent sont plutôt bon marché, ubiquitaires et faciles à utiliser, ce qui les rend relativement mobiles. Et le fait que bon nombre de ces objets, comme l'*OpenPCR* et le *DremelFuge*, soient accessibles en *open source*, favorise davantage cette mobilité. Cette transportabilité des outils et de matériaux scientifiques est un des éléments qui permet d'expliquer pourquoi certains domaines scientifiques sont plus ouverts aux amateurs que d'autres (Meyer, 2008). Ainsi, quand on décrit les espaces de la science amateur, on se doit d'inclure dans nos analyses – à côté des espaces disciplinaires et de lieux physiques – les réseaux et les trajectoires d'objets matériels.

TRAVAIL-FRONTIÈRE

La biologie de garage est souvent imaginée et discutée en termes de frontières qui sont franchies : entre l'université et la maison, entre amateurs et experts, entre scientifiques et citoyens, entre espaces publics et espaces privés, entre espaces contrôlés et espaces difficiles à contrôler, entre des institutions et des lieux non institutionnalisés. Certains estiment que la division entre la biologie de garage et la biologie institutionnalisée est une « division artificielle » (Alper, 2009, p. 1078) et la fondatrice du laboratoire communautaire *BioCurious* a même soutenu que les gens qui font de la biologie à la maison « sont en train de créer le rêve de la biotechnologie sans frontières » (Gentry, 2011). Cependant, de nombreuses frontières sont articulées et policées : entre l'usage responsable et l'usage criminel d'une technologie, entre la manipulation sûre et des expériences biologiques dangereuses, entre le garage et – surtout si l'on fait des expérimentations avec des organismes dangereux – le monde

extérieur. En outre, dans certains de leurs commentaires, les scientifiques soulignent une différence de nature entre la biologie de garage et la biologie universitaire. Par exemple, dans un article publié dans *Nature*, nous lisons :

La plupart des biohackers sont des amateurs qui prennent du plaisir dans l'élaboration de leur propre matériel et qui s'attaquent à des projets qui ne sont pas plus sophistiqués que ceux qu'on trouve dans un laboratoire de biologie avancé dans un lycée [...] ce n'est pas nécessairement la sophistication des techniques, mais les questions auxquelles elles sont appliquées, qui produit de la science convaincante (Anonyme, 2009a).

D'autres commentateurs soulignent les disparités en termes de coûts :

Vous avez besoin d'investissements initiaux lourds pour faire des nouvelles découvertes. Cela ne veut pas dire que les biohackers [...] ne peuvent pas faire des contributions à la science. Mais j'ai du mal à voir la pointe, la recherche fondamentale atteindre le laboratoire amateur, simplement à cause des frais et de l'incertitude associées » (Sawyer, 2011). « Les barrières financières et éducatives élevées en ce qui concerne la biologie moléculaire de pointe signifient que les laboratoires de garage ne sont pas susceptibles de résoudre les problèmes mondiaux d'énergie ou de santé d'aussi tôt (Anonyme, 2009a).

La frontière peut également être problématique du fait qu'il peut s'avérer difficile de réglementer la science faite à la maison :

Les directives de biosécurité [...] sont destinées à des officiers de biosécurité institutionnels qui ont une formation dans le domaine. Truffées de jargon et focalisées sur le travail de pointe avec des produits chimiques dangereux et des agents pathogènes que des amateurs ne sont pas susceptibles de rencontrer, ces directives sont peu utiles dans le garage (Anonyme, 2009a).

Ici, la frontière tracée est celle du langage et de la terminologie. Certains objets, comme des directives techniques, semblent être incapables de circuler entre les espaces professionnels et les espaces amateurs, car ils nécessitent une connaissance technique trop poussée. Un fait intéressant est que des problèmes de sécurité ont également été mis en avant comme l'une des raisons pour lesquelles DIYbio a été interdit de participer à la compétition iGEM (iGEM, pour international Genetically Engineered Machine, est un concours pour des étudiants universitaires de premier cycle en biologie synthétique pour concevoir des systèmes biologiques) (voir Alper, 2009). Voici la justification de cette exclusion.

Parce qu'il n'y a pas de cadre formel de sécurité ou des lignes directrices ou des précédents pour les équipes amateurs qui travaillent en dehors des laboratoires traditionnels, iGEM a peur de la responsabilité de sécurité potentielle et ne veut pas que des équipes amateurs participent jusqu'à ce qu'il y ait une sorte de cadre.

Ceci est sans doute l'exclusion la plus radicale d'amateurs de la biologie institutionnalisée. Toutefois, rappelons qu'une variété de dynamiques est observable en ce qui concerne la façon dont les frontières de la biologie de garage sont explicitées, discutées, négociées. Premièrement, on observe la création et la consolidation d'un nom, d'un domaine : « biologie de garage », « DIY biology », etc. Cette pratique presque banale de donner un nom à certaines pratiques crée néanmoins des frontières – des frontières qui sont constitutives et qui aident à structurer, publiciser et diffuser des pratiques émergentes. Deuxièmement, nous avons vu que les frontières peuvent devenir perméables. Cela ne signifie pas pour autant que les frontières autour de la science disparaissent complètement, mais qu'il y a des échanges et des communications à travers les lignes qui séparent les maisons privées des institutions scientifiques. En d'autres termes, les frontières peuvent être « semi-perméables » (Mol et Law, 2004). Troisièmement, nous avons aussi observé le maintien de frontières, surtout en vue de protéger l'autorité, l'autonomie et le caractère distinctif de la science. Les scientifiques articulent différents types de frontières pour délimiter et distinguer leurs pratiques d'autres pratiques – et ils le font en invoquant les coûts, la sécurité, les types de questions posées, etc. Le cas le plus extrême étant l'expulsion de la science amateur par la science professionnelle (c'est-à-dire l'interdiction de DIYbio de prendre part à iGEM). Quatrièmement, une conséquence du fait que la biologie de garage est une pratique qui se déroule « hors cadre » est l'élaboration de certaines règles et principes. En effet, au cours de congrès dédiés à la « do-it-yourself biology », qui se sont déroulés à Londres et à San Francisco en 2011, un code éthique a été élaboré et discuté – un code qui exige notamment la « transparence », la « sécurité » et des « fins pacifiques ». En bref, nous voyons que les dynamiques des frontières sont multiples : certaines sont construites, certaines maintenues, d'autres frontières peuvent devenir perméables, presque disparaître, ou plutôt déplacées.

REMARQUES FINALES

Trois caractéristiques font de la biologie de garage un terrain particulièrement intéressant : ses géographies et sa culture matérielle, l'utilisation d'objets et

de « contournements créatifs » et les économies ouvertes d'équipement scientifique qui nourrissent son essor.

Cet article a mis l'accent sur la culture matérielle de la biologie de garage : ses lieux, ses équipements, ses matérialités, ses espaces. Les lieux physiques ainsi que les espaces associatifs et informatiques de la biologie de garage montrent que son émergence est principalement localisée dans le monde occidental : des laboratoires, qu'ils soient communautaires ou privés, commencent à voir le jour dans les grandes villes américaines et européennes. Ces aspects territoriaux de la biologie de garage vont main dans la main avec les géographies plus distribuées des protocoles, des idées et des objets qui circulent via des sites et forums Internet et des outils et plates-formes collaboratifs. Les dispositifs de communication que les biologistes de garage utilisent – à savoir les sites comme diybio.org, les blogs, les outils open source, les forums, les vidéos, etc. – font partie intégrante de cette infrastructure matérielle à travers laquelle la circulation de connaissances peut avoir lieu, des collectifs de biologistes de garage peuvent émerger et différents types de frontières peuvent être surpassés.

Le deuxième point qu'il faut souligner est que la « domestication » de la biologie moléculaire est un sujet qui mérite une analyse qui va au-delà de la simple étude de la circulation d'objets. Une telle analyse doit également tenir compte de ce que l'on fait avec ces objets, leurs transformations, combinaisons, (re)productions. Cet article a mis en évidence différentes pratiques : des objets qui sont transformés en d'autres objets, des objets fabriqués à partir de zéro, des objets remplacés, reproduits, imités, etc. Notons que cette capacité d'innover en « bricolant » et la « capacité de jeu avec l'instrument » se retrouvent aussi dans d'autres domaines (dont la nanotechnologie) : selon Jouvenet (2007), « *pour faire partie des leaders mondiaux d'un domaine scientifique, il est nécessaire de jouer avec les dispositifs expérimentaux standards, de les "tordre" un peu pour ouvrir des brèches intéressantes* ».

La biologie de garage est un site de « contournements créatifs » autour d'objets et autour d'institutions. Ces contournements ouvrent de nouveaux espaces pour la science amateur : ils permettent aux gens de construire des laboratoires communautaires ou des laboratoires dans leurs propres garages, cuisines ou caves. Les relations entre amateurs et professionnels ne sont donc pas seulement situées « dans » des champs disciplinaires ou des lieux spécifiques, elles sont également rendues possibles « à travers » des objets. Les affordances

d'objets – autant que leur mobilité et leur malléabilité – doivent donc être prises en compte dans l'analyse de la biologie de garage⁷.

Un troisième thème qui a été abordé dans cet article est l'économie ouverte et distribuée de matériaux scientifiques qui soutient la biologie de garage. Le terme « yourself » dans « do-it-yourself biology » est, en fait, un mauvais descriptif – d'autant plus que la « biologie de garage » peut avoir lieu dans bien d'autres endroits que le garage. Bien que ces dénominations commencent à être utilisées dans la littérature académique et par les acteurs eux-mêmes, elles présentent certains inconvénients, si ce n'est que ces formes et pratiques de biologie font nécessairement appel à des endroits et des personnes qui se situent au-delà d'un seul garage ou d'un unique individu. Pour la création d'un laboratoire dans un garage, on dépend fortement et forcément d'autres personnes qui s'intéressent à la biologie de garage, d'institutions scientifiques, du partage d'informations, de la circulation d'objets, de plates-formes Internet, d'e-mails, de donations, etc. En d'autres termes, le « garage » doit être « connecté » pour le transformer en lieu d'expérimentation et la forme d'« individualisme » que l'on observe est plutôt un « individualisme connecté » (Flichy, 2004) à mi-chemin entre pratiques individuelles et pratiques collectives, entre autonomie et logique de réseau. Alors qu'on peut « soi-même » construire son propre laboratoire, on doit, pour ce faire, puiser dans les collectifs émergents de gens, de savoirs et d'objets, que cet article a décrits.

Des travaux futurs sur la biologie de garage pourraient, par conséquent, procéder à une sorte de double analyse : une analyse de la connectivité du garage et de la circulation d'objets et de connaissances ; et une analyse des déconnexions entre le garage et d'autres espaces et des types d'objets et de connaissances qui ne circulent pas ou peu entre différents mondes sociaux. D'autre part, il serait intéressant de suivre le développement de ces nouvelles économies ouvertes, partagées, alternatives et accessibles d'équipements scientifiques et la façon selon laquelle elles favorisent l'amateurisation de la biologie moléculaire. Les conséquences éthiques et politiques de cette amateurisation méritent aussi notre attention, puisque la domestication et le contournement de la biologie et l'expérimentation avec le vivant « hors cadre » institutionnel ne se feront probablement pas sans quelques « recadrages ».

7. Notons ici le rôle que les artefacts jouent dans l'émergence et la stabilisation de communautés épistémiques, brièvement mentionné dans Roth (2008). L'auteur parle d'artefacts « institutionnels » comme les conférences, revues, instituts, disciplines, plates-formes interactives, etc.

 RÉFÉRENCES

- ALBERTI S. (2001), « Amateurs and Professionals in One County: Biology and Natural History in Late Victorian Yorkshire », *Journal of the History of Biology* 34 (1), pp. 115-147.
- ALPER J. (2009), « Biotech in the basement », *Nature Biotechnology* 27, pp. 1077-1078.
- AMIN A. & ROBERTS J. (2008), « Knowing in action: Beyond Communities of Practice », *Research Policy* 37 (2), pp. 353-369.
- ANDERSON J., SASSAMAN L. & YOU E. (2010), « The rise of Distributed, Decentralized, Amateur/Citizen Science and Do It Yourself Biology: Safety and Security Concerns », *Open Science Summit 2010*, Berkeley USA, July 29-31, 2010.
- ANONYME (2009a), « Garage Biology. Amateur scientists who experiment at home should be welcomed by the professionals », *Nature* 467 (7316), p. 634.
- ANONYME (2009b), « Taking Biological Research Out Of The Laboratory », *National Public Radio*, 27 décembre 2009, site web : <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=121954328>.
- BENNETT G., GILMAN N., STAVRIANAKIS A. & RABINOW P. (2009), « From synthetic biology to biohacking: are we prepared? », *Nature Biotechnology* 27, pp. 1109-1111.
- BROWN P. (1992), « Popular Epidemiology and Toxic Waste Contamination: Lay and Professional Ways of Knowing », *Journal of Health and Social Behavior* 33 (3), pp. 267-281.
- CALLON M. (1998), « Les différentes formes de démocratie technique », *Annales des Mines*, janvier, pp. 63-73.
- CALLON M., LASCOUMES P. et BARTHE Y. (2001), *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Paris, Seuil.
- CHARVOLIN F., MICOUD A. et NYHART L. (Eds) (2007), *Des sciences citoyennes ? La question de l'amateur dans les sciences naturalistes*, La Tour d'Aigues, Éditions de l'Aube.
- COWELL M. (2010), « DIYbio: let's play with biotechnology », papier présenté à University of Edinburgh, 26 mars 2010.
- CREMER J. et GAUDEUL A. (2004), « Quelques éléments d'économie du logiciel libre », *Réseaux* 124, pp. 111-139.
- DELFANTI A. (2010), *Genome Hackers, rebel biology, open source and science ethic*, thèse de l'Université de Milan.

- DUBUISSON-QUELLIER S. (2009), *La consommation engagée*, Paris, Presses de Sciences Po.
- DUJARIER MA. (2008), *Le travail du consommateur. De McDo à eBay : comment nous coproduisons ce que nous achetons*, Paris, La Découverte.
- EUDES Y. (2009), « Biohackers: les bricoleurs d'ADN, Reportage », *Le Monde Magazine*, 4 septembre 2009.
- ELLIS R. & WATERTON C. (2005), « Caught between the cartographic and the ethnographic imagination: the whereabouts of amateurs, professionals, and nature in knowing biodiversity », *Environment and Planning D: Society and Space* 23, pp. 673-693.
- EPSTEIN S. (1995), « The Construction of Lay Expertise: AIDS Activism and the Forging of Credibility in the Reform of Clinical Trials », *Science, Technology and Human Values* 20 (4), pp. 408-437.
- EVANS R. (2005), « Introduction. Demarcation Socialized: Constructing Boundaries and Recognizing Difference », *Science, Technology and Human Values* 30 (1), pp. 3-16.
- FINNEGAN D. (2008), « The Spatial Turn: Geographical Approaches in the History of Science », *Journal of the History of Biology* 41 (2), pp. 369-388.
- FLICHY P. (2010), *Le sacre de l'amateur. Sociologie des passions ordinaires à l'ère numérique*, Paris, Le Seuil.
- FLICHY P. (2004), « L'individualisme connecté entre la technique numérique et la société », *Réseaux* 124, pp. 17-51.
- GENTRY E. (2011), « Garage Biology and DIYbio: Because We Can, Because We Have to », papier présenté à *Oscon – Open Source Convention*, 28 juillet 2011, Portland, Oregon.
- GIERYN T. (1983), « Boundary-work and the Demarcation of Science from Non-science; Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists », *American Sociological Review* 48 (6), pp. 781-795.
- GIERYN T. (1995), « Boundaries of Science », in Jasanoff S., Markle G. E., Peterson J. C., Pinch T. J. (Eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage, Thousand Oaks, pp. 393-443.
- GIERYN T. (1999), *Cultural Boundaries of Science: Credibility on the Line*, Chicago, IL: University of Chicago Press.
- GORMAN B. (2011), « Patent Office as Biosecurity Gatekeeper: Fostering responsible science and building public trust in DIY science », *Marshall Rev. Intell. Prop. L.* 3 (10).
- GUSTON D. (2001), « Boundary Organizations in Environmental Policy and Science: An Introduction », *Science, Technology and Human Values* 26 (4), pp. 399-408.

HEATON L., MILLERAND F., CRESPEL E. et PROULX S. (2011), « La réactualisation de la contribution des amateurs à la botanique. Le collectif en ligne Tela Botanica », *Terrains & travaux* 18, pp. 155-173.

HOPE J. (2008), *Biobazaar. The open source revolution and biotechnology*, Cambridge, Harvard University Press.

JOUVENET M. (2007), « La culture du “bricolage” instrumental et l’organisation du travail scientifique - enquête dans un centre de recherche en nanosciences », *Revue d’anthropologie des connaissances* 1 (2), pp. 189-219.

KARBERG S. (2009) « Genbastler Allein zu Haus », *Technology Review* 11, pp. 28-32.

KELTY C. (2010), « Outlaw, hackers, victorian amateurs: diagnosing public participation in the life sciences today », *Journal of Science Communication* 9 (1).

KRAFT A. & ALBERTI S. (2003), « Equal though different: Laboratories, museums and the institutional development of biology in Late-Victorian Northern England », *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 34, pp. 203-236.

KUKLICK H. & KOHLER R. (Eds) (1996), *Science in the field, Chicago, IL: The University of Chicago Press*.

LANKFORD J. (1981), « Amateurs and Astrophysics: A Neglected Aspect in the Development of a Scientific Specialty », *Social Studies of Science* 11 (3), pp. 275-303.

LEDFORD H. (2010), « Life hackers », *Nature* 467, pp. 650-652.

LIVINGSTONE D. (2003), *Putting Science in its Place. Geographies of Scientific Knowledge, Chicago, IL: The University of Chicago Press*.

LIVINGSTONE D. (2005), « Text, talk and testimony : geographical reflections on scientific habits. An afterword », *The British Journal for the History of Science* 38, pp. 93-100.

MEYER M. (2008), « On the boundaries and partial connections between amateurs and professionals », *Museum and Society* 6 (1), pp. 38-53.

MEYER M. (2010), « Caring for Weak Ties: The Natural History Museum as a Place of Encounter Between Amateur and Professional Science », *Sociological Research Online* 15 (2).

MEYER M. et MOLYNEUX-HODGSON S. (2011), « ‘Communautés épistémiques’ : une notion utile pour théoriser les collectifs en sciences ? », *Terrains & travaux* 18, pp. 141-154.

MOL AM. & LAW J. (2004), « Embodied Action, Enacted Bodies: the Example of Hypoglycaemia », *Body and Society* 10, pp. 43-62.

MOORE T. (2009), « DIY DNA: ‘Biohackers’ Creating Own Bugs », *Sky News*, 1^{er} août 2009.

- NAYLOR S. (2005), « Introduction: historical geographies of science – places, contexts, cartographies », *The British Journal for the History of Science* 38, pp. 1-12.
- POWELL R. (2007), « Geographies of science: histories, localities, practices, futures », *Progress in Human Geography* 31 (3), pp. 309-329.
- RABEHARISOA V. et CALLON M. (1999), *Le pouvoir des malades. L'Association française contre les myopathies et la Recherche*, Paris, Presses de l'École des Mines.
- RABEHARISOA V., BONNET D., CALLON M. et DE POUVOURVILLE G. (1998), « Les associations de malades: entre le marché, la science et la médecine. Avant-propos », *Sciences Sociales et Santé* 16 (3), pp. 5-15.
- ROTH C. (2008), « Réseaux épistémiques : formaliser la cognition distribuée », *Sociologie du Travail* 50 (3), pp. 353-371.
- ROUX D. et GUIOT D. (2008) « Une mesure des motivations envers l'achat d'occasion, leurs antécédents et leurs conséquences », *Recherche et Applications en Marketing* 23 (4), pp. 63-95.
- SAWYER E. (2011), « The Promises, Demands, and Risks of Garage Biology », *Nature*, 18 août 2011.
- SECORD A. (1996), Artisan Botany, in Jardine N., Secord J. A. & Spary E. (Eds.), *Cultures of Natural History*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 378-393.
- SCHMIDT M. (2008), « Diffusion of synthetic biology: a challenge to biosafety », *Systems and Synthetic Biology* 2 (1-2), pp. 1-6.
- SHAPIN S. (1988), « The house of experiment in seventeenth-century England », *Isis* 79 (3), pp. 373-404.
- SHOVE E., WATSON M., HAND M. & INGRAM J. (2007), *The Design of Everyday Life*, London, Berg.
- STAR S. L. & GRIESEMER J. (1989), « Institutional ecology, “translations” and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's museum of vertebrate zoology, 1907-39 », *Social Studies of Science* 19 (3), pp. 387-420.
- SUSSAN R. (2011), « La nouvelle science des amateurs », *InterActu.net*, 30 novembre 2011, lien : <http://www.internetactu.net/2011/11/30/la-nouvelle-science-des-amateurs/>
- VON HIPPEL E. (2005), *Democratizing Innovation*, Cambridge, MIT Press.
- WEISS J. (2011), « Biohacking: The Beginning of the Biological Revolution », *The Triple Helix*, Spring, pp. 36-37.
- WOHLSEN M. (2011), *Biopunk: DIY Scientists Hack the Software of Life*, Current, New York.
- WOLINSKY H. (2009), « Kitchen biology », in *EMBO Reports* 10 (7), pp. 683-685.