

Plonger ensemble, mettre la main à la pâte et comprendre la biotechnologie.

## La biotechnologie pour tous

**Aujourd'hui, la recherche biotechnologique n'est plus l'apanage des laboratoires spécialisés. Une communauté croissante de biologistes, de bricoleurs et de passionnés de technique s'adonne à des expériences dans des cuisines, des ateliers et des laboratoires individuels. Certains considèrent cette démocratisation de la biotechnologie comme un danger, d'autres comme une chance d'améliorer la compréhension des relations scientifiques complexes au sein de la société.**

Ce qui s'est produit avec le développement des logiciels au début des années 1990 se répète depuis quelques années dans le domaine de la biotechnologie: les stratégies «open source» et «do-it-yourself (DIY)» permettent à une communauté élargie d'accéder à un domaine de connaissances traditionnellement réservé aux experts, aux universités et aux grandes entreprises. En 2008, quelques férus de technique à Boston se sont donnés pour objectif de transférer la recherche biotechnologique des institutions établies vers les garages et les cuisines des villes et des campagnes. Depuis lors, des dizaines de laboratoires de garage ont vu le jour en Europe, aux Etats-Unis et en Asie, avec des balances, des mé-

langeurs, des réfrigérateurs et des incubateurs que les initiateurs ont achetés à des prix avantageux sur ebay. Parfois, les laboratoires sont même équipés d'appareils de bioanalytique construits par leurs propres membres. Des amateurs curieux et des chercheurs chevronnés y réalisent des expériences côte à côte. Ils mènent leurs projets de recherche personnels en biotechnologie ou s'adonnent simplement aux plaisirs du bricolage.

### **Des microscopes réalisés à partir de webcams bon marché**

Plusieurs développements parallèles ont contribué à l'essor de la biotechnologie DIY: à présent, les composants techniques requis



La recherche avec des instruments de laboratoire fabriqués soi-même. Des projets sont développés par des équipes interdisciplinaires lors de bref Hack Sprints.

pour la conception des appareils de bioanalytique, notamment les micropuces et les LED, sont tellement bon marché qu'ils sont accessibles aux amateurs. Avec beaucoup de créativité, les biologistes DIY construisent de nouveaux appareils de laboratoire à partir de composants individuels, tels que des spectromètres, des microscopes ou même des machines de séquençage d'ADN. La stratégie du «hacking» en fait partie intégrante: des appareils produits pour le marché de masse, d'un prix avantageux et de haute qualité technique, comme les smartphones, sont dotés de nouvelles fonctions pour servir en laboratoire. Par exemple, des instructions sur Internet permettent aux personnes intéressées de transformer une webcam en un microscope compatible avec l'informatique pour seulement quelques francs ([http://hackteria.org/wiki/DIY\\_microscopy](http://hackteria.org/wiki/DIY_microscopy)). L'électronique de la webcam reste inchangée, seule la position de la lentille est modifiée. Une plateforme solide permet de fixer les petits objets d'étude et de faire une mise au point fine. Les objets sont éclairés par une diode électroluminescente.

En outre, la biologie DIY profite des nouvelles possibilités interactives et collaboratives offertes par le Web 2.0 et les médias sociaux. Ainsi, les nouveaux laboratoires se sont rapidement mis en réseau. Via des blogs, les biologistes DIY échangent des connaissances à l'échelle mondiale. Les informations scientifiques et techniques ne sont plus disponibles uniquement dans des magazines spécialisés destinés à un public professionnel. Désormais, toute personne disposant d'une connexion Internet peut y accéder. Généralement, ce qui est conçu dans les laboratoires de garage se retrouve immédiatement sur le Web. L'une des règles tacites des biologistes DIY consiste en effet à partager les découvertes et les progrès sur Internet. A l'instar de la communauté

Open Source, le copyleft prime sur le copyright. L'objectif n'est pas de protéger les informations biotechnologiques comme dans les entreprises commerciales, mais au contraire de les démocratiser et de les diffuser. Via la plateforme en ligne «Hackteria.org», par exemple, les personnes intéressées peuvent trouver un wiki comprenant plus de 80 projets répertoriés, notamment des plans de construction d'appareils, des codes pour la programmation de logiciels et des descriptions de projets. Enfin, dernier point mais non des moindres, la biologie DIY exprime aussi la nouvelle envie contemporaine d'une culture du «fait-maison» communautaire. Outre les nouveaux ateliers collectifs, les ateliers de proximité et les FabLabs dotés d'imprimantes 3D, les bio-laboratoires DIY collaboratifs et généralement supportés par les contributions de leurs membres, s'inscrivent également dans cette tendance.

#### De nouveaux dangers et de nouvelles limites

Mais cette démocratisation d'une technologie jadis réservée aux spécialistes présente-t-elle aussi des dangers? Aux Etats-Unis notamment, cette problématique a fait l'objet d'un débat public au cours des dernières années. Certains redoutent en effet de nouveaux repaires pour le développement d'agents biologiques ou des accidents aux conséquences désastreuses. Cela est sans doute exagéré, mais le risque d'abus ne doit pas pour autant être minimisé. Pour y parer, les Etats-Unis poursuivent désormais une stratégie de coopération. Le FBI organise des cours pour les responsables des laboratoires de garage et les sensibilise à la détection précoce des membres suspects (<http://ask.diybio.org/>).

Lors de nombreuses activités analytiques, notamment dans le secteur des services, les laboratoires doivent répondre à des règles



Des ateliers pour transformer une webcam en un microscope DIY ont déjà été organisés dans le monde entier.

ainsi qu'à des normes nationales et internationales stipulant par exemple le choix des méthodes et des instruments. De plus, les laboratoires doivent souvent faire l'objet d'une accréditation. Ces domaines demeurent donc réservés aux laboratoires spécialisés professionnels.

### Un potentiel pour les pays en développement et l'enseignement

De manière générale, la biotechnologie et les sciences biologiques évoluent vers une complexité croissante et la biologie DIY ne doit pas aboutir à une «survulgarisation». Les approches simplifiées doivent être poursuivies dans le respect d'une éthique scientifique et supporter les standards scientifiques.

Les représentants de la biologie DIY soulignent qu'ils n'ont jamais été en mesure, en termes d'infrastructure et de connaissances, de produire des organismes dangereux, et surtout qu'ils y attachent aussi peu d'importance que la société. Pour eux, ce sont les potentiels positifs de l'approche DIY qui prédominent, par exemple pour les pays en développement. Dans les cas où les connaissances et les fonds ne suffisent pas pour une analyse bioanalytique coûteuse, le do-it-yourself peut offrir des alternatives. L'année dernière, trois inventeurs des Pays-Bas ont fait parler d'eux en développant un détecteur de paludisme à partir d'un sèche-cheveux, d'une boîte à chaussures et d'un peu d'électronique, lequel est devenu entre-temps un prototype pour des applications de terrain en Afrique ([www.amplino.org](http://www.amplino.org)). Malgré les développements, il reste beaucoup plus avantageux que les machines courantes pour la PCR quantitative en temps réel; une méthode de répllication d'acides nucléiques utilisant une réaction en chaîne de polymérase (PCR) qui permet de quantifier l'ADN.

Les biologistes DIY perçoivent également des opportunités pour l'enseignement dans les pays en développement. Là où les budgets pour la formation sont restreints et l'accès aux laboratoires ainsi qu'à la documentation spécialisée est fortement limité, les laboratoires de garage peuvent ouvrir de nouvelles voies d'apprentissage.

En Suisse également, les opportunités offertes par le do-it-yourself pour l'enseignement sont de plus en plus reconnues. Gerd Folkers, professeur à l'ETH, a récemment rédigé un essai intitulé «Der Sinn des Begreifens»: «Aujourd'hui, on utilise à tort les verbes «comprendre» et «saisir» comme des synonymes. «saisir» implique [...] de faire appel au corps et à l'esprit pour interpréter un objet. Et cela est nécessaire pour se faire une vision du monde qui nous entoure en tant que corps physique.» A la différence de «comprendre» qui peut ne faire appel qu'à l'esprit, «saisir» implique un élément corporel dans l'idée de «prendre avec les mains». Les laboratoires de garage peuvent offrir l'espace nécessaire à cette notion de «saisir», avec l'approche DIY en guise de philosophie. Les connaissances des experts ne doivent pas être transmises aux apprenants de façon unidirectionnelle. Au contraire, chacun doit pouvoir intervenir avec ses connaissances spécifiques. Dans un espace exempt de hiérarchie, de nouveaux appareils, projets et produits sont élaborés en commun et les participants peuvent échanger leurs connaissances. Dans un monde de plus en plus empreint de (bio)technologie, cette notion de «saisir» pourrait contribuer à un débat plus éclairé au sein de la société sur des thèmes complexes tels que le génie génétique ou la recherche sur les cellules souches.



L'atelier, lieu où l'on conçoit, discute, échange, comprend, pèse le pour et le contre et concrétise.

## Le «do-it-yourself» en bioanalytique: faire soi-même et

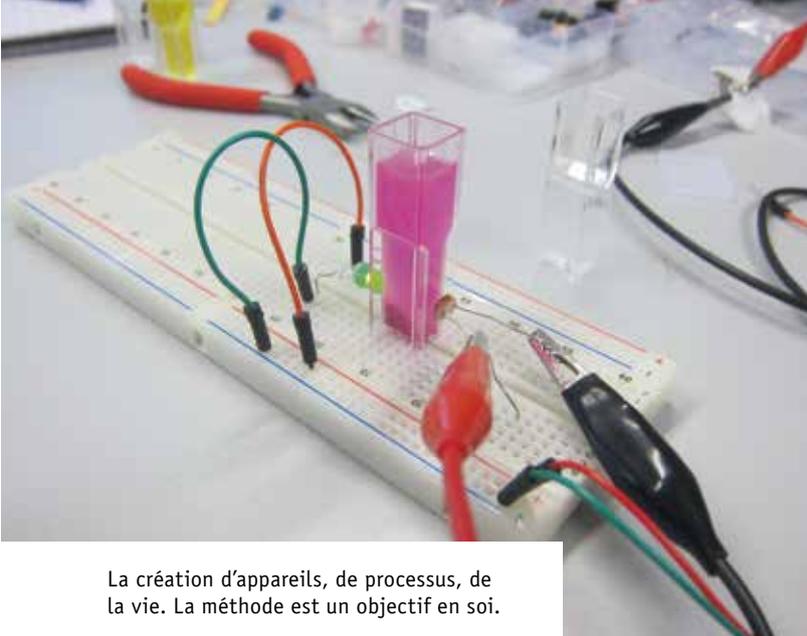
**En octobre 2014, en collaboration avec la FHNW et le réseau «Hackteria», la SATW a organisé un atelier de deux jours sur le thème «Faire soi-même des équipements de laboratoire en bioanalytique». La question centrale était de savoir comment utiliser les stratégies de biohacking et le do-it-yourself en tant qu'unités d'enseignement utiles.**

Ce jeudi après-midi, dans le local 229 de la Haute école des sciences de la vie (FHNW) à Muttenz, l'enseignement est quelque peu différent. En effet, là où les étudiants suivent habituellement les explications d'un professeur au tableau noir ou dans une présentation PowerPoint, sept participants à l'atelier ont installé un laboratoire de biotechnologie provisoire. Il pourrait aussi bien s'agir de l'atelier de Géo Trouvetou: sur plusieurs tables regroupées sont répartis des tournevis, des pistolets d'encollage, des multimètres, des laptops, des éprouvettes, des pinces, de minuscules diodes électroluminescentes, des fils et des affichages numériques. Dans un coin, une petite salle d'eau a été aménagée avec des pipettes, des verres pour le photomètre, des gants en PVC et un sac de pommes de terre. Le tableau noir devant les tables est recouvert de formules chimiques et de schémas de circuits électriques.

### Apprendre des biohackers

L'atelier de deux jours vise à intégrer les stratégies de la biologie DIY et des laboratoires de garage mondialement répandus dans l'enseignement scientifique. A cet effet, Daniel Gygax, professeur à l'Institut de chimie et de bioanalytique de la FHNW, Marc Dusseiller, membre du réseau de biotechnologie DIY «Hackteria», et Urs Gaudenz, professeur d'innovation en matière de produits à la HSLU et membre de Hackteria, ont créé une unité d'enseignement avec la SATW. Cette unité doit être testée à présent au sein d'un groupe de biohackers expérimentés, d'étudiants et d'amateurs intéressés.

L'atelier vise à intégrer les stratégies de la biologie DIY et des laboratoires de garage mondialement répandus dans l'enseignement scientifique.



La création d'appareils, de processus, de la vie. La méthode est un objectif en soi.



## comprendre

L'atelier se composait de plusieurs modules étroitement liés. Les organisateurs avaient sciemment opté pour une alternance entre la théorie et la pratique, ainsi que des introductions thématiques à l'électronique, à la biologie et à la technique de mesure. Les participants ont été invités à s'ouvrir à de nouvelles approches et à combiner celles-ci avec les connaissances acquises. De plus, les participants devaient se déplacer physiquement dans le local et former des groupes. Le fait que le cours n'ait pas eu lieu dans l'un des nombreux laboratoires de biotechnologie de la FHNW Muttenz a été sciemment décidé. La structure du laboratoire constitue en effet un élément essentiel de la philosophie DIY. Il s'agit d'éveiller la curiosité des participants et de renforcer la prise de conscience afin qu'aucune infrastructure high tech onéreuse ne soit requise pour exploiter la bioanalytique.

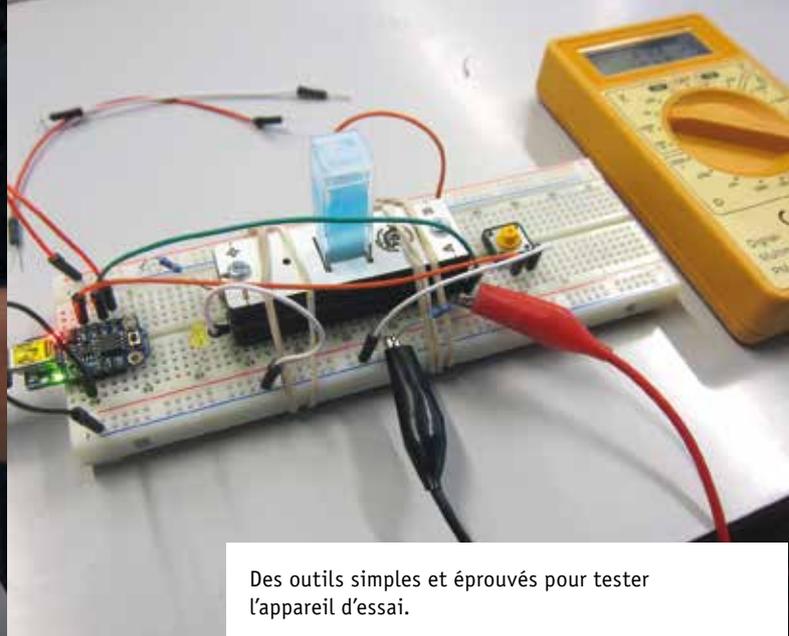
### Test d'activité de phosphatase avec des pommes de terre

Dans une première partie thématique, le groupe a reçu un cours intensif en électronique. Il a ensuite été convié à expérimenter des composants électroniques simples – notamment des diodes électroluminescentes (LED), des piles boutons, des résistances

et des multimètres. Puis ont suivi les premiers travaux dans le laboratoire de cuisine au cours desquels les participants ont appris comment isoler et enrichir des enzymes naturelles. Ils ont épluché et coupé des pommes de terre, puis les ont pressées

### La structure du laboratoire constitue un élément essentiel de la philosophie DIY.

avec un presse-ail. A l'aide d'un papier filtre, ils ont séparé les composants liquides des composants solides. Ensuite, à partir de l'extrait de pomme de terre, des séries de dilutions ont été créées par pipetage afin d'effectuer plus tard un test d'activité de phosphatase avec du para-nitrophénylphosphate. Les phosphatases catalysent la dégradation de cette substance incolore en para-nitrophénol qui est jaune et dont la concentration peut être mesurée de façon spectroscopique (pour une longueur d'onde de 405 nm). La quantité de para-nitrophénylphosphate ajoutée et la quantité de para-nitrophénol mesurée permettent de déterminer l'activité des phosphatases.



Des outils simples et éprouvés pour tester l'appareil d'essai.

Une partie technique s'en est suivie, à savoir le «prototypage rapide»: sur la base de l'introduction à la technique, les participants ont construit des appareils de mesure DIY pour l'analyse des séries de dilution précédemment créées. Les possibilités de constructions ont fait l'objet de discussions et chacun a pu composer son propre appareil de mesure avec le matériel disponible. L'objectif de cet «essai» était d'obtenir au final un dispositif de mesure stable composé d'un support de cuvette, d'une protection contre la lumière parasite, d'une alimentation en tension et d'un système électronique de mesure. Grâce à ces dispositifs simples, les biologistes DIY ont su mesurer ensuite l'activité de la phosphatase dans l'extrait de pomme de terre.

**Nous avons constamment échangé des informations et comparé nos projets. Chacun s'est investi, quelles que soient ses connaissances en biologie DIY.**

Afin de faire comprendre le principe de spectrométrie et de calibrage, le dispositif de mesure s'est accompagné d'une partie théorique qui a présenté les principales notions sur la conversion des résultats de mesure ainsi que la loi de Beer-Lambert sur l'atténuation de l'intensité du rayonnement de la lumière en fonction d'une substance absorbante.

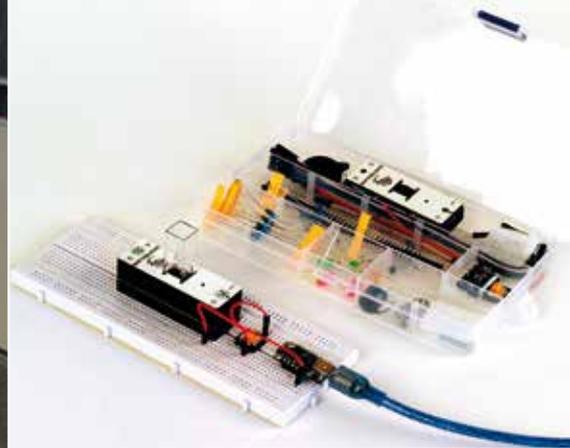
Les participants expérimentés de l'atelier sont allés encore plus loin en équipant leur dispositif de façon à pouvoir enregistrer et analyser les résultats de mesure du spectromètre construit par leurs propres soins, sur leur laptop. Cela a été possible grâce aux microcontrôleurs faciles à programmer sur la base de l'environnement Open Hardware d'Arduino.cc, lequel est utilisé aujourd'hui par de nombreux ingénieurs et bricoleurs. Le contrôleur est raccordé directement au laptop via une connexion USB et fonctionne avec un logiciel open source issu d'Internet.

#### Aperçu de la boîte noire

Au terme de la deuxième journée d'atelier, le groupe a discuté de ses résultats. Dans le même temps, les organisateurs ont reçu un feedback sur le déroulement et les difficultés de l'approche DIY. Il en est ressorti que certains auraient souhaité un peu plus de théorie sur l'électronique et la biologie, tandis que d'autres ont particulièrement apprécié l'approche «hands-on» fortement axée sur le do-it-yourself. Parmi les autres commentaires reçus, certains ont également mentionné que l'absence d'instructions claires ainsi que la disponibilité simultanée de différents outils et composants avaient contribué à la créativité de chacun. Pour le co-organisateur Urs Gaudenz, l'ambiance pendant l'atelier était exceptionnelle: «Nous avons constamment échangé des informations et comparé nos projets. Chacun s'est investi, quelles que soient ses connaissances en biologie DIY.» Gaudenz ne s'est pas considéré comme un chef d'atelier, mais davantage comme un «facilitator» qui a facilité le déroulement de l'atelier grâce à des connaissances spécifiques. Ses collègues et lui-même ont suggéré trois «facilita-



Fatigués, mais convaincus d'avoir réussi et compris quelque chose.



tors» par atelier parfaitement complémentaires sur le plan interdisciplinaire: le premier avec des connaissances spécifiques en bioanalytique ou biologie moléculaire, le second avec des connaissances en électrotechnique ou programmation hardware, et le troisième avec une expérience dans des projets interdisciplinaires et des formes d'apprentissage pair-à-pair.

A la FHNW, Daniel Gygax a désormais intégré un cours de bioanalytique DIY dans le sixième semestre de la filière «Molecular Life Science». Il y voit notamment une opportunité de faire profiter l'enseignement des différentes formations préalables en chimie,

## Le principal avantage de l'approche DIY réside dans le fait que les étudiants se font une idée de la structure des appareils bioanalytiques.

biologie et ingénierie. «Le principal avantage de l'approche DIY réside dans le fait que les étudiants se font une idée de la structure des appareils bioanalytiques et des composants requis pour effectuer des mesures bioanalytiques», a expliqué Gygax. «Ils ne perçoivent plus ces instruments uniquement comme une boîte noire.» Un étudiant du groupe était convaincu que ses collègues apprécieraient ce type d'apprentissage pratique et autonome. Cela s'est confirmé également avec les réactions faisant suite au premier cours de bioanalytique DIY. Les réactions des étudiants ont été extrêmement positives.

Une telle forme d'apprentissage impose toutefois des exigences élevées aux organisateurs: «Il est essentiel que les enseignants s'engagent dans le processus de la recherche et de l'apprentissage communs», a souligné Marc Dusseiller. «C'est là une condition sine qua non pour intégrer au mieux les connaissances des participants dans le cours, ce qui est indispensable à la réussite de l'apprentissage.»

## Vademecum pour l'enseignement DIY

Les expériences de l'atelier «Faire soi-même des équipements de laboratoire en bioanalytique» ont été reprises dans un vademecum. Celui-ci contient les possibilités de séquences d'apprentissage, les feuilles de route, les listes de matériaux, ainsi que la théorie et les codes logiciels. Il est à la libre disposition de tous les enseignants et utilisateur intéressés sur <http://hackteria.org/education/satw/>.

**Plus d'informations sur les activités du réseau de biotechnologie DIY Hackteria**

<http://hackteria.org>

## Plus d'informations sur les instruments de laboratoire et la formation Do-it-yourself

GaudiLabs, Lucerne, Instruments de laboratoire DIY

<http://www.gaudi.ch/GaudiLabs/>

wetPONG – Formations en laboratoire au moyen de procédés DIY sur les thèmes de la technique des microfluides et de la nanotechnologie, FHNW

<http://wetpong.net/>

BioHack Academy – Open Wetlab @ Waag Society, Amsterdam

<http://waag.org/biohackacademy>

BIO-DESIGN for the REAL WORLD, hosted at School of Life Sciences at EPFL and Hackuarium, Renens:

<http://biodesign.cc/>

<http://hackuarium.org/>

MIT Media Lab (eg. Lifelong Kindergarten and others):

<http://www.media.mit.edu/>

Public Lab: a DIY environmental science community

<http://www.publiclab.org/>

J.M. Pearce, Open-Source Lab: How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs, Elsevier 2014

[http://www.appropedia.org/Open-source\\_Lab](http://www.appropedia.org/Open-source_Lab)

### Impressum

SATW INFO 2/15, août 2015

Secrétariat SATW  
Gerbergasse 5, 8001 Zürich  
Tel. +41 44 226 50 11  
[info@satw.ch](mailto:info@satw.ch)  
[www.satw.ch](http://www.satw.ch)

Rédaction: Samuel Schläfli, Beatrice Huber

Photos: Hackteria

# SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften  
Académie suisse des sciences techniques  
Accademia svizzera delle scienze tecniche  
Swiss Academy of Engineering Sciences



Mitglied der  
Akademien der Wissenschaften Schweiz