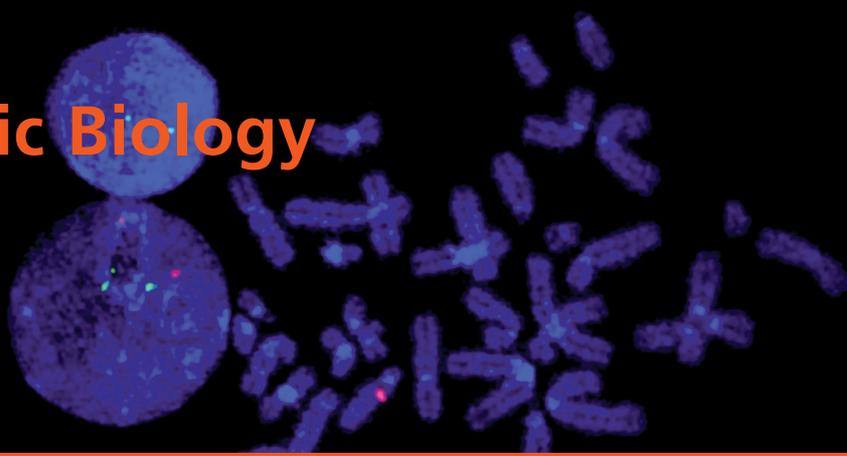


Synthetic Biology

Photos: M. Jotterand



La biologie synthétique est un nouveau domaine de recherche, qui associe des éléments du génie génétique et des nanotechnologies aux sciences de l'ingénieur. Les applications de la biologie synthétique sont prometteuses. Les questions de sécurité, les garde-fous juridiques et les principes éthiques sont toutefois importants et sont pris en compte.

Qu'est-ce que la biologie synthétique?

La biologie synthétique est un nouveau domaine de recherche. Les méthodes de la biologie cellulaire et moléculaire y sont associées à celles des sciences de l'ingénieur. Cela ouvre d'une part de nouvelles voies à l'étude des systèmes biologiques et permet d'autre part de produire des organismes dotés de propriétés qui n'existent pas de façon naturelle. Le but est de comprendre les conditions minimales qu'exigent les processus de la vie. L'idée de départ est que «vous n'avez bien compris quelque chose que si vous pouvez l'élaborer vous-même».

La biologie synthétique suit différentes approches:

Il peut s'agir de réduire des organismes simples (tels que des bactéries) au strict minimum en enlevant des gènes. Ou de leur incorporer plusieurs gènes pour les doter d'un nouveau chemin métabolique. Ou encore de produire, à partir de gènes, des composants standards librement combinables, pourvus de fonctions spécifiques. Ces composants standards pourraient être ensuite assemblés en organismes possédant de nouvelles propriétés – un peu comme on construit un circuit électrique à partir de ses différents éléments.

Les frontières avec d'autres branches scientifiques telles que le génie génétique, la culture de tissus (tissue engineering) ou les nanotechnologies sont floues. A la différence du génie génétique tel que pratiqué jusqu'ici, la biologie synthétique a pour objet, non pas simplement de modifier un gène isolé ou de l'introduire dans un organisme, mais d'obtenir des changements plus profonds, qui impliquent souvent de nombreux gènes.

Possibilités d'applications de la biologie synthétique

De nombreuses idées d'applications sont en train de germer dans ce nouveau domaine de recherche. Mais pour l'heure, il est difficile de prévoir lesquelles seront peut-être réalisées un jour. Des scientifiques envisagent par exemple de faire

appel à des organismes synthétiques pour diagnostiquer et traiter des maladies, produire de l'énergie et des matériaux renouvelables, ou encore détecter des substances chimiques et des polluants dans l'environnement. Peut-être serait-il possible de produire des «miniorganismes» pluricellulaires pour rétablir les fonctions déficientes d'organes malades. Un revêtement cellulaire approprié permettrait par exemple d'améliorer la compatibilité biologique d'un cœur artificiel.

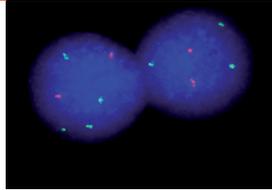
Voici deux exemples de recherches actuelles:

La production de certains médicaments par les méthodes habituelles n'est pas possible ou pas rentable. A l'aide d'organismes synthétiques, des dérivés pharmacologiquement actifs devraient pouvoir être obtenus à grande échelle à partir de simples molécules de sucre telles que le glucose. Ainsi, la production d'artémisinine devrait revenir moins cher grâce à la biologie synthétique. Cet antipaludique est tiré de l'armoise annuelle (*Artemisia annua*). Mais son extraction est laborieuse et donc non rentable. On compte produire l'artémisinine à meilleur compte en recourant aux méthodes de la chimie synthétique, ce qui permettrait d'en faire un large usage dans les régions où sévit la malaria. A cet effet, une bactérie intestinale a été dotée de tout un groupe de gènes, ce qui la rend capable de produire un précurseur de l'artémisinine.

Qu'en est-il de la sécurité?

La biologie synthétique est apparentée au génie génétique. Elle peut même être considérée comme en faisant partie. Pour juger du risque qu'elle présente, les mêmes critères s'appliquent que pour le génie génétique. C'est pourquoi il faudrait examiner *cas par cas* les questions suivantes: Quelle fonction ces nouveaux systèmes biologiques remplissent-ils? Quels peuvent être leurs effets? Pourraient-ils proliférer de façon autonome dans l'environnement? Peuvent-ils infecter des cellules d'autres êtres vivants et s'y multiplier? La nouvelle combinaison de leurs gènes conduit-elle à des effets inattendus?

Les développements actuels de la biologie synthétique sont tous conçus pour se dérouler en laboratoire ou dans des installations chimiques ou pharmaceutiques. Dans la pratique du génie génétique telle qu'appliquée jusqu'ici, de tels systèmes, qui sont soumis aux exigences de la Loi sur le



sc | nat 

Forum Genforschung

Forum Recherche génétique

Platform of the Swiss Academy of Sciences

génie génétique et de l'Ordonnance sur l'utilisation confinée, se sont avérés sûrs. On développe avant tout des virus et bactéries modifiés. Les bactéries peuvent se multiplier elles-mêmes. La plupart sont utiles (p.ex. production du yogourt, épuration des eaux usées), mais quelques-unes sont de dangereux agents pathogènes (p.ex. tuberculose, anthrax). Les virus par contre ne peuvent se multiplier que dans les cellules d'un autre être vivant. Le plus souvent, ils détruisent ces cellules, aussi sont-ils toujours des «agents pathogènes».

Si de tels organismes modifiés parvenaient dans l'environnement en dépit des mesures de précaution rigoureuses, ils pourraient en principe donner naissance à de nouveaux germes pathogènes. Mais plus un nouvel organisme diffère des formes naturelles, moins il est probable qu'il prolifère hors du laboratoire. Pour accroître la sécurité, des systèmes biologiques capables de se reproduire peuvent être construits par exemple de manière à ce qu'ils aient besoin d'une substance nutritive qui n'existe pas dans la nature ou que leurs gènes ne puissent pas fonctionner dans des organismes naturels. De façon générale, la création d'organismes synthétiques n'est pas plus risquée que l'introduction de nouvelles espèces dans un écosystème, l'utilisation de germes pathogènes naturels ou le génie génétique tel que pratiqué jusqu'ici.

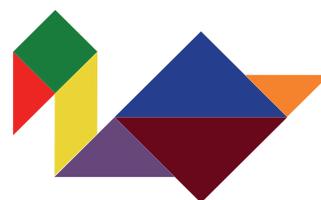
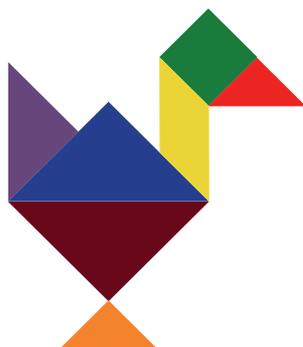
Les organismes synthétiques qui seront développés en vue d'utilisations en médecine humaine ou dans l'environnement devront faire l'objet d'études de sécurité approfondies. Comme pour les germes pathogènes naturels, ou comme pour les organismes génétiquement modifiés jusqu'ici, des études expérimentales, de même que des essais cliniques dûment contrôlés ou des disséminations expérimentales, sont indispensables pour obtenir des données précises sur la sécurité.

Les possibilités d'applications abusives ou criminelles de la biologie synthétique, notamment à des fins terroristes, sont minimales. On trouve parmi les germes pathogènes naturels, hélas, de nombreux agents biologiques de combat, plus simples à produire et à utiliser. Néanmoins, il y a lieu de s'interroger sur les mécanismes disponibles ou à créer pour détecter ce genre d'activités.

Quels sont les garde-fous juridiques?

Les techniques de la biologie synthétique sont considérées, en droit suisse, comme des «techniques de modification génétique». Les organismes et substances nouvellement créés ou modifiés sont ainsi soumis à la Loi sur le génie génétique, ainsi qu'à la Loi sur la protection de l'environnement. Ces

Les pièces du puzzle symbolisent les éléments fonctionnels de la vie qui sont comparables dans les différents organismes. Leur composition et leur combinaison jouent un rôle décisif dans l'apparence et les fonctions des organismes.



techniques doivent donc respecter la santé et la sécurité de l'être humain, des animaux et de l'environnement, préserver la diversité biologique et obéir à deux principes: celui de précaution selon lequel les dangers sont limités le plus tôt possible, et celui de causalité, selon lequel les mesures à prendre sont à la charge de celui qui en est la cause.

Toutes les activités impliquant des techniques de modification génétique sont soumises à autorisation. Toute personne qui, d'une manière ou d'une autre, crée un dommage en lien avec les organismes génétiquement modifiés, est de par la loi tenue de le réparer. La loi institue de surcroît l'obligation de contracter une garantie financière couvrant la responsabilité civile. Ces techniques sont également soumises à de nombreuses ordonnances, qui visent toutes à prévenir les risques, en imposant des mesures de sécurité, des procédures de contrôle et des études de risques.

L'administration fédérale comprend enfin une Commission fédérale d'experts pour la sécurité biologique, qui conseille les autorités fédérales et donne son avis sur les demandes d'autorisation relatives aux organismes génétiquement modifiés, ainsi qu'une Commission fédérale d'éthique pour le génie génétique dans le domaine non humain.

Ces réglementations suffisent actuellement pour assurer un usage responsable de la biologie synthétique.

Quelles questions se posent-elles au niveau de l'éthique?

Au niveau de l'éthique, la biologie synthétique soulève deux questions centrales:

L'intégrité des organismes vivants, dans le sens de la Constitution fédérale, est-elle prise en compte? Et les risques y relatifs, mentionnés plus haut, sont-ils acceptables?

La recombinaison génétique de virus et de bactérie n'enfreint pas l'intégrité des organismes vivants, car elle n'entraîne aucun effet nocif pour les organismes concernés.

Et il est permis d'affirmer, au vu de la législation actuelle et des prescriptions de sécurité en vigueur, que les risques mentionnés ci-dessus peuvent être pris en toute responsabilité. En outre, des formes de vie synthétiques ne peuvent guère survivre hors du laboratoire. Car moins elles ressemblent à des formes de vie naturelles, plus faibles sont leurs chances. Quant aux risques associés à leur utilisation en médecine humaine ou dans l'environnement, ils peuvent être minimisés par un examen préalable de la sécurité.

Des abus ne peuvent être exclus dans aucune technologie. Pour autant, une technologie ne peut pas être considérée comme devant être interdite uniquement à cause de cela. Il faudrait élaborer des directives pour régler de façon contraignante les recherches dont il est question ici, afin d'en minimiser les risques.

