

Compte rendu de l'Alter Mardi du 25 octobre 2011
« Les ingénieurs du vivant sont-ils maîtres de leurs créations ? »

Groupe SOS- Ashoka- VivAgora- Chaire entrepreneuriale de l'ESCP Europe



Photos Dominique Champion

Intervenants (de g à d sur la photo ci-dessus)

Ariel Lindner, co-fondateur du Centre de Recherches Interdisciplinaires (CRI, <http://www.cri-paris.org/>), Directeur du master « Approches Interdisciplinaires du Vivant » (AIV), Université Paris-Descartes, soutien des initiatives iGEM, compétition internationale d'ingénierie moléculaire de biomachines.

Samuel Bottani, physicien, maître de conférences à l'Université Paris-Diderot, Laboratoire Matière et Systèmes Complexes (<http://www.msc.univ-paris-diderot.fr/>), directeur des études du programme doctoral « Frontières du Vivant ».

Daniel Rodary, biologiste de formation et coordinateur Sciences et Développement pour l'association Biomimicry Europa (<http://www.biomimicryeuropa.org/>), basée à Bruxelles et Paris.

Bernadette Bensaude-Vincent, philosophe et historienne de la chimie (directrice du CETCOPRA à l'Université Paris 1 Sorbonne, <http://cetcopra.univ-paris1.fr/>), co-auteure du livre « Fabriquer la vie. Où va la biologie de synthèse ? » (Seuil, octobre 2011).

Dorothée Benoit Browaeys, déléguée générale de l'association VivAgora (<http://www.vivagora.fr/>), co-auteure du livre « Fabriquer la vie. Où va la biologie de synthèse ? » (Seuil, octobre 2011).

Accueil des participants par Louise Gadras, groupe SOS

C'est le deuxième Alter Mardi de la rentrée. Nous remercions l'ESCP de nous accueillir. Les Alter Mardi sont co-organisés par le groupe SOS et par l'association Ashoka.

Accueil de la chaire entrepreneuriale de l'ESCP

Nous sommes heureux d'accueillir une conférence originale qui change le spectre des sujets habituellement abordés dans ces murs et qui permet aux étudiants de s'ouvrir l'esprit.

Introduction par Jean-Jacques Perrier, journaliste, VivAgora

La biologie de synthèse, ou biologie synthétique, est un nouveau champ scientifique. La question de la définition et du cadrage du sujet de ce soir, « Les ingénieurs du vivant sont-ils maîtres de leurs créations ? », revêt donc une importance particulière. Il sera important de revenir sur ce que sont ces ingénieurs du vivant et leurs créations. Schématiquement, cette biologie consiste à synthétiser des molécules du vivant pour différentes applications (environnement, santé, alimentation, énergie). Elle est assez peu développée en France mais davantage en Allemagne, en Grande-Bretagne et surtout aux Etats-Unis. Des produits en petit nombre sont en voie de commercialisation, comme l'isoprène, constituant de base du caoutchouc naturel produit par l'hévéa. Pour commencer, revenons sur la définition de cette ingénierie du vivant.

Samuel Bottani

Pour répondre à la question de la définition de la biologie de synthèse, partons concrètement de ce que l'on fait dans un laboratoire tel que le mien, consacré à la physique du comportement cellulaire, et de la différence que cela représente avec une étude de biologie classique. En biologie, l'étude d'un organisme classique comme la cellule de levure de bière passe par une description de son comportement, de son cycle de vie et des descriptions qualitatives des différents éléments qui la composent (noyau, membrane, protéines, etc.). Les physiciens qui étudient les cellules recherchent d'autres types de données que ces éléments qualitatifs. Ils établissent des modèles mathématiques de comportement des cellules, capables de prédire l'évolution de ce comportement, les activités des enzymes, les interactions moléculaires au cours de certaines réactions, etc. On est donc là dans la conception de modèles prédictifs du comportement cellulaire.

Pourquoi chercher à établir ce type de modèles ? Si on arrive à les construire, on aura amélioré notre compréhension de l'adaptation des cellules d'un milieu naturel à un autre, de la logique du vivant en général et du fonctionnement des systèmes de régulation. De même que le développement de grands domaines de l'ingénierie comme celui de l'aviation repose sur la connaissance scientifique et mathématisée de phénomènes naturels (aérodynamisme, turbulences, etc.), des modèles mathématiques du fonctionnement cellulaire peuvent permettre de le contrôler pour le mettre au service d'usages technologiques.

Ariel Lindner

D'abord un mot pour vous dire que je suis ravi d'être là, car la participation de scientifiques à ce type de rencontre avec les citoyens correspond à l'esprit de partage de la biologie synthétique, contrairement à d'autres milieux scientifiques qui se situent dans une logique plus compétitive. Il s'agit de mettre nos découvertes aux services des grands défis sociétaux à venir. Pour illustrer ce que peut apporter la biologie de synthèse dans ce domaine, je vais témoigner ici d'un projet de recherche fondamentale conduit actuellement dans mon laboratoire, et qui pourra conduire à terme à produire une source d'énergie renouvelable.



Nous nous sommes posé la question suivante : Comment décrire l'effet de la position des protéines au sein d'une cellule ? Prenons le cas des enzymes, qui servent de catalyseurs des réactions chimiques au sein de la cellule. Selon la place occupée par l'enzyme, la réaction chimique se produit ou ne se produit pas, est plus ou moins intense, etc. Il existe deux façons d'observer ce phénomène : une observation « non interventionniste » du vivant, difficile et pas toujours probante, ou une observation issue d'un « bricolage » cellulaire consistant à faire agir une protéine donnée à un endroit de la cellule pour analyser la réaction qui en résulte. Seul ce second type d'observation permet de prédire les liens existant entre la position et la fonction d'une protéine.

La logique de cette intervention est la même que celle d'un ingénieur du bâtiment qui a besoin d'échafaudages pour réaliser des travaux sur un immeuble. Le biologiste exprime dans la cellule des segments d'ARN qui constituent des échafaudages à partir desquels la synthèse de protéines s'opère. En jouant sur ces ARN et leur position dans la cellule, le chercheur peut provoquer différents liens entre des enzymes et engendrer des réactions différentes. Par exemple, ils peuvent faire produire à des colibacilles (*Escherichia coli*) des protéines qui ne s'y trouvent pas naturellement et qui vont participer à la production d'hydrogène. Alors qu'une seule enzyme ne provoque qu'une faible synthèse, plusieurs enzymes rassemblées accroissent l'efficacité de la réaction. Avec différentes combinaisons d'enzymes, les chercheurs observent des réactions produisant jusqu'à 50 fois plus d'hydrogène que la réaction naturelle.

Daniel Rodary

Biomimicry Europa est une association née en 2006 à Bruxelles, et cofondée par Janine Benyus, auteure de l'ouvrage « Biomimétisme. Quand la nature inspire des innovations durables ». L'association rassemble des biologistes, physiciens, chimistes, ingénieurs, architectes, professionnels de l'entreprise et des collectivités territoriales qui partagent la conviction que face aux limites de notre développement actuel et à son impact sur l'environnement, le climat, l'énergie, l'alimentation et la biodiversité, il faut proposer des alternatives, notamment à travers la diffusion et l'expérimentation du biomimétisme. Le biomimétisme s'inspire du vivant pour tirer des innovations en vue d'un développement durable, en partant du principe que le monde vivant est durable après 3.8 milliards d'années d'évolution.

Cette inspiration puise par exemple dans les formes. Pour reprendre l'exemple de l'aviation, le bout arrondi des ailes d'avion est source de création de tourbillons, dont les réactions sont très difficilement prédictibles par les modèles mathématiques et qui ralentissent l'avion. Or, l'évolution a pourvu certains oiseaux spécialistes du vol plané d'une adaptation diminuant ces tourbillons : les longues rémiges (un type de plumes) écartées en bout d'ailes, qui forment des espèces de doigts dont l'écartement varie selon les phases de vol. Ces rémiges cassent le tourbillon en plusieurs petits tourbillons. En s'inspirant de ces dernières, la Nasa a mis au point un système de « *winglets* » pour le bout des ailes d'avion, qui en diminuant le tourbillon réduisent la traînée, et donc la consommation, de l'avion.

Le biomimétisme s'inspire également de la nature pour les procédés et tout ce qui concerne la chimie du vivant, soit des milliards de « recettes » qui ont été retenues par la sélection naturelle. Il s'inspire également des systèmes naturels, des écosystèmes, c'est-à-dire de la façon complexe dont les organismes vivants s'organisent dans un milieu.

« La nature comme mentor », l'une des phrases clés du livre de Jeanine Benyus, reflète bien l'attitude humble du biomimétisme. Le lien avec la biologie de synthèse tient à ce que cette dernière puise aussi dans la nature pour produire des innovations techniques. Mais sa démarche est différente, car elle se restreint souvent à un objet biologique qu'elle modifie pour fabriquer des molécules, alors que l'approche biomimétique recherche les solutions déjà existantes, sélectionnées par des millions d'années d'évolution, pour les adapter à un projet technologique.



Bernadette Bensaude Vincent

Beaucoup d'analogies m'ont frappée dans l'étude philosophique de cette biologie, en particulier le nom « biologie de synthèse ». La chimie est devenue synthétique au XIX^e siècle : elle s'est alors donné comme tâche de remplacer les produits naturels par les produits synthétiques. Marcellin Berthelot déclarait ainsi en 1860 : « La chimie crée son objet, cela la distingue de toutes les autres sciences », en particulier de la biologie. Or, la biologie, modèle d'une science descriptive, est devenue

depuis dix ans « synthétique », elle aussi. Le choix du mot synthétique a été fait parmi plusieurs (biologie constructive, intentionnelle) avec comme objectif que d'ici quelques décennies, la moitié du marché des industries chimiques serait occupée par des biotechnologies. C'est l'irruption de la volonté de faire de l'artificiel dans la biologie. Tout comme la chimie analytique a précédé la chimie synthétique, la biologie moléculaire a précédé la biologie synthétique. On a déchiffré le code génétique, il s'agit maintenant de le récrire.

Au-delà du discours, la réalité est plus complexe. Dans la recherche en biologie de synthèse, des équipes mixtes de physiciens, bio-informaticiens, mathématiciens, chimistes, biologistes coopèrent afin de mieux comprendre la complexité du vivant en le simulant. Ils reprennent la formule « le fabriquer pour le comprendre », référence à la formule du physicien américain Richard Feynman : « *What I cannot create, I do not understand* ».

Mais il existe en fait deux courants principaux au sein de la biologie de synthèse. Le premier traduit l'irruption de l'« esprit ingénieur », de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT, avec James Knight et Drew Endy) notamment, qui conduit à fabriquer des modèles simples : on assemble des biobriques comme des pièces de Lego, et on étudie les systèmes ainsi créés en augmentant progressivement leur complexité. Par exemple, on fabrique des cellules au génome minimal, composé de quelques dizaines de gènes, même si elles sont très loin du vivant actuel, pour voir si et comment ces cellules survivent. Ce courant ne fait pas du biomimétisme mais du « technomimétisme » : on fabrique du vivant à l'image des machines, des assemblages de pièces détachées.

A l'opposé, un deuxième courant provient de la chimie et de ceux qui cherchent à comprendre l'origine de la vie ; il essaie d'auto-assembler des molécules comme le fait le vivant, et de jouer sur la dynamique moléculaire. Or, ce courant a une conscience aiguë du fossé qui sépare ses créations de la complexité du vivant et ses représentants ont une admiration sans borne pour ce que l'évolution darwinienne a réussi à faire ; tandis que ceux qui veulent utiliser des biobriques comme des pièces de Lego sont persuadés qu'ils vont fabriquer du vivant et que ça va marcher. Il existe d'autres courants au sein de la biologie de synthèse, et cette diversité est à prendre en compte car elle offre une possibilité de choix.

Dorothée Benoit Browaey

Qu'a pu dire la société sur le sujet par le biais des associations depuis que commencent à s'ébaucher les projets qui viennent d'être évoqués ? Les industriels n'ont pas encore été beaucoup évoqués alors qu'ils sont très mobilisés sur la question avec des investissements importants pour produire des carburants, des médicaments, des bactéries dépolluantes, etc. Par rapport à ces initiatives, quelques associations se sont manifestées.



Le groupe canadien ETC (Erosion technologie et concentration), présent à l'une des réunions annuelles Synbio en 2006, a alors affirmé qu'on ne pouvait pas laisser les scientifiques s'autoréguler, que la biologie de synthèse était une affaire politique qui concerne tous les acteurs de la société. Le groupe a produit avec d'autres acteurs une lettre ouverte¹ qui a été portée en France par la Fondation Sciences Citoyennes. ETC group a également publié plusieurs rapports notamment focalisés sur le problème de la concentration des entreprises et le rapport aux brevets ; il n'est ainsi pas certain que le modèle de l'*opensource* soit celui qui se met en place dans ce domaine. L'ONG suisse IRGC (International Risk Governance Council,) a réalisé un travail prospectif². En France, le Conseil d'analyse stratégique a produit deux rapports sur la biologie de synthèse. Au Royaume-Uni,

¹ <http://www.etcgroup.org/en/node/11>

² <http://www.irgc.org/-Synthetic-Biology-.html>

un groupe de travail du Conseil sur la recherche en biotechnologie et en sciences biologiques (BBSRC) a publié également un rapport sur les enjeux sociaux et éthiques sous la plume de deux universitaires, Andrew Balmer et Paul Martin³.

Un leitmotiv à tous ces travaux cités : impliquer très en amont les acteurs dans leur diversité pour réfléchir à l'incidence et aux impacts de ces projets : impact sanitaire, risques technologiques avec la production possible d'aliens biologiques, risque terroriste dû à la circulation de séquences génétiques, et de nombreux questionnements sur le rapport au vivant.

En France, VivAgora a organisé un premier cycle de débat en 2004 sur le vivant bien commun. Nous sommes intervenus sur le domaine de la biologie de synthèse en 2009 avec un cycle de six rencontres. En 2012, nous avons l'intention de repartir sur le sujet pour permettre l'appropriation des enjeux par l'ensemble de la société civile avec un nouveau cycle reposant sur des scénarios pour discerner ce qui est possible et ce qui est souhaitable. Fin 2012, pour terminer ce cycle, seront organisées des Assises du Vivant pour discuter plus largement de ce sujet.

Discussion

Un économiste dans la salle

Enseignant économiste à Paris-Dauphine, je connais les biotechnologies par l'angle économique. J'ai tendance à considérer que quand on met du politique dans la science, on fait reculer cette dernière. Le politique a toujours peur que le scientifique crée des aliens. Si la France n'est pas leader dans le monde sur ce sujet, c'est justement parce que le politique ne manque jamais une occasion de freiner une avancée scientifique. Il est préférable de laisser faire les scientifiques, de leur faire confiance. Il sera toujours temps de mettre un frein s'ils commettent des bêtises. Le frein *a priori* n'est jamais créateur de nouveauté.

Concernant la question des modèles mathématiques, on a essayé en économie, depuis les années 1970, de modéliser le comportement des humains, sans succès. Face à l'hyper-cartésianisme qui consiste à mettre des mathématiques partout, il y a l'empirisme qui a beaucoup amené en termes de découvertes. A la question « les ingénieurs sont-ils maîtres de leurs créations », je dirais plutôt oui. Les chercheurs ne doivent pas s'autocensurer.

Ariel Lindner

Pourquoi la France a-t-elle dix ans de retard dans le domaine de la biologie de synthèse et est-elle en retard dans tous les domaines concernant les frontières du vivant ? La réponse est complexe mais tient à un mélange qui prend mal entre les politiques, qui pensent savoir où il faut aller, et les chercheurs qui ont effectivement besoin de liberté pour faire avancer leurs recherches. En France, un jeune qui obtient une bourse INSERM ou autre peut décrocher un poste pour la vie et un salaire, et cela s'arrête là : il n'a souvent pas les moyens de faire de la bonne recherche. Dans les autres pays occidentaux, le même jeune chercheur dispose d'un « *package deal* », d'un « *start package* ». Il a les moyens, le personnel et une période de cinq à huit ans pour prouver que sa démarche originale est valable.

Samuel Bottani

Sur la question des modèles mathématiques, l'économie n'est certainement pas un modèle à suivre. Il existe de nombreuses différences dans notre champ d'études biologiques. La plus importante est que nous pouvons faire des expériences dans un environnement aux variables contrôlées et ainsi

³ http://www.bbsrc.ac.uk/organisation/policies/reviews/scientific_areas/0806_synthetic_biology.pdf

valider ou non les modèles. Pourquoi s'appuie-t-on maintenant de plus en plus sur les mathématiques en biologie ? Les programmes de déchiffrement du génome et de séquençage du vivant ont produit tellement de détails qu'il est impossible sans approches mathématiques et statistiques de déterminer comment tous ces éléments fonctionnent ensemble. Seuls les modèles permettent de tester des hypothèses de fonctionnement. Les mathématiques représentent un espoir d'augmenter notre niveau de compréhension.

Ariel Lindner

Quand un modèle dans un domaine expérimental ne marche pas, c'est très bon signe. Pour les économistes, c'est grave, mais pour nous c'est très bien. Quand un modèle censé prédire quelque chose ne le prédit pas, c'est qu'on est en train de découvrir quelque chose qu'on ne comprend pas.

Bernadette Bensaude Vincent

Je ne partage pas l'opinion du « laisser-faire les scientifiques ». La tendance actuelle des milieux de la biologie de synthèse aux Etats-Unis est à l'auto-gouvernance. Pour cela les programmes de recherche « embarquent » quelques philosophes, éthiciens, anthropologues, afin d'aborder les questions de sûreté et de sécurité et de diminuer les conflits avec la société civile. Mais cela ne donne rien du tout. Le consortium de laboratoires SynBERC (*Synthetic Biology Engineering Research Center*)⁴ avait ainsi recruté un anthropologue, Paul Rabinow, pour qu'il évalue les aspects de sécurité et les aspects éthiques du centre. Il a claqué la porte au bout d'un an et demi car il estimait que ses recommandations n'étaient pas entendues⁵. Or les scientifiques ont besoin de l'éclairage de spécialistes des sciences humaines et de la société civile.

Il faut que le politique intervienne. C'est une bonne chose qu'il finance la biologie de synthèse, mais à condition d'avoir un droit de regard et un droit de régulation sur les produits qui sortiront des laboratoires. En particulier, aucun produit ne doit être commercialisé sans avoir passé un certain nombre de tests. J'ajoute qu'à mes yeux, la compétition économique et internationale ne peut être un motif suffisant pour investir dans un projet. La société civile doit aussi pouvoir dire ce qu'elle en pense. Sommes-nous dans un tel état de « guerre froide » qu'il faille absolument financer la biologie de synthèse pour essayer de rattraper les Etats-Unis, alors que de toute façon, nous en sommes déjà très loin ?

Ariel Lindner

Je suis assez d'accord. D'abord, rien ne doit sortir des laboratoires vers la société ou dans l'environnement sans des essais préliminaires. Il existe un décalage de quarante ans entre une découverte scientifique dans un laboratoire et l'application dans la société. La question est alors : où faut-il intervenir ? C'est important pour un chercheur d'être suivi par des personnes non professionnelles issues de la société civile, ou bien des personnes ayant un « zoom out », un regard décalé (philosophe, éthicien, etc.). Un petit exemple : la compétition iGEM a déjà plusieurs années d'existence⁶. Il s'agit de rassembler pendant l'été des groupes d'étudiants. Notre équipe, à Paris, y participe pour la cinquième année d'affilée et parvient à recueillir des prix, surtout en recherche fondamentale, alors que l'on dit que la France est très loin des Américains. Les équipes ne sont pas constituées que d'étudiants en sciences dures, mais également d'étudiants en sciences sociales. Cette collaboration est facile à ce stade, plus compliquée dans un laboratoire. Pour un chercheur standard, que veut dire l'éthique ? C'est un formulaire dont il faut cocher les cases. En biologie synthétique, on est face à l'inconnu. Faire des réglementations rigides sur quelque chose d'inconnu et faire s'engager un chercheur pour les 45 ans à venir sur celles-ci, ce n'est pas possible.

⁴ <http://www.synberc.org/>

⁵ Jennifer Gollan, Lab Fight Raises U.S. Security Issues, *The New York Times*, 22 October 2011

http://www.nytimes.com/2011/10/23/us/synberc-fight-raises-national-security-issues.html?_r=1&scp=1&sq=synberc&st=cse

⁶ http://igem.org/Main_Page

Un intervenant dans la salle

Je travaille dans l'humanitaire et j'étais à l'étranger durant une dizaine d'années sur les questions de l'énergie, du climat, etc. Ce qui m'intéresse dans la conférence de ce soir, plus que l'avancée technologique elle-même, c'est à qui va servir cette avancée technologique ? Qui va en détenir les brevets ? A qui cela va profiter ? Quelle frange de la population mondiale aura accès au mieux-être à travers les technologies qui en résulteront ? Quels sont les capitaux-risqueurs qui investissent dans ces technologies et pour quelles applications ?

Autre participant dans la salle

Je fais partie de l'association Bimimicry Europa et je suis aussi directeur sciences et environnement de la Fondation Cousteau. En vous entendant tout à l'heure, j'avais l'impression qu'il y a une sorte d'opposition entre une science réductionniste et une science qui appréhende mieux la complexité. Peut-être qu'il pourrait être trouvé une voie du milieu, qui appréhende mieux le mariage possible entre ces deux approches. En tant que biomiméticien, est-il possible de définir pour les chercheurs une sorte de cahier des charges flexible, évolutif, dynamique qui corresponde aussi à ce qu'on a pu observer dans le vivant, c'est-à-dire un champ d'expérimentation des possibles dans les frontières duquel la sécurité serait à peu près assurée ? Enfin, n'est-ce pas une source d'erreur que d'opposer « artificiel » et « naturel » ? La vraie question n'est-elle pas celle de la durabilité ?

Daniel Rodary

Pour répondre à la question des retombées des avancées technologiques, je dirais que le « *High Tech* » est presque devenu synonyme de qualité, mais qu'il ne représente qu'une petite part des développements nécessaires. On peut en effet se demander si le « *Low Tech* » ne peut être aussi synonyme de qualité. Cette question est importante d'une part parce que les projets à faible apport technique peuvent répondre à la plus grande partie des problèmes, d'autre part parce qu'ils peuvent être menés au Sud sans attendre d'hypothétiques transferts de technologies depuis l'Europe ou les Etats-Unis.

Samuel Bottani

Sur les brevets, quel est l'état de la propriété intellectuelle des composants avec lesquels on travaille ? Quelle est la vraie situation juridique des constructions qui sont utilisées dans les recherches en laboratoires et les compétitions iGEM ? Personne ne le sait réellement à l'heure actuelle. On ne sait pas qui détient quel type de droit. Il est important que certains éléments demeurent libres de droit pour permettre la recherche, en particulier les composants élémentaires, les gènes. Ils ne doivent pas être brevetés en tant que tel. Eventuellement pour une application sophistiquée donnée, on peut concevoir qu'elle soit associée à des droits de propriété intellectuelle. Mais au niveau des briques de base, cela tuerait les évolutions de la recherche. A l'heure actuelle, on assiste à un jeu d'échecs où chacun se positionne.

Les chercheurs publics ne devraient-ils pas prendre position sur ce point de manière plus forte ?

Ariel Lindner

Ils prennent position. Mais sur les brevets, il est vrai que la réglementation reste floue. Mais je voulais revenir sur un autre point. La biologie de synthèse attire de nombreux intérêts, des *business angels* et des grandes entreprises comme Total, par exemple, qui a signé un partenariat de plusieurs centaines de millions avec Amyris, start-up américaine développant des applications industrielles. La biologie de synthèse devient donc un secteur d'investissements. La technologie devient abordable même pour des personnes n'ayant pas les compétences de chercheurs. Cela implique des risques non négligeables de détournement de recherches à des fins terroristes. Cependant, cela veut aussi

dire que des pays qui n'ont pas beaucoup de moyens mais qui veulent investir dans la recherche ont une voie d'entrée dans la biologie de synthèse. Je mène par exemple un projet « *Do it yourself* » depuis deux ans en Indonésie.

Dorothee Benoit Browaey

Il faut être attentif à ne pas comparer les grosses masses financières de Total, BP, les grands sucriers d'Amérique Latine avec l'opération « *Do it yourself* » et des gens qui seraient de bonne volonté mais qui seraient tellement petits qu'ils ne pèseraient pas beaucoup. Le contexte est à l'accaparement des gènes stratégiques par l'intermédiaire de brevets par les grands groupes. La directive européenne 98/44 a permis par exemple de breveter les plantes OGM, et il existe de nombreux litiges entre groupes concurrents sur tous les éléments comportant une dimension stratégique. Il ne faut pas s'illusionner sur les intentions des groupes qui pratiquent cette stratégie depuis une trentaine d'années. La vision du vivant qui guide les programmes de recherche est organisée en fonction des modèles qui ont cours dans notre système économique. Ce qui compte dans le vivant c'est son ADN c'est-à-dire son « programme » qui peut être facilement breveté et exploité par les marchés. Or, cette vision n'est pas une fatalité. Or, il n'y a pas de raison de focaliser tous les efforts sur le génome, et la biologie peut être pensée de manière différente. Les chercheurs ont une responsabilité dans ce domaine. La science et la technologie sont une affaire sociale : il ne s'agit pas d'introduire le politique dans la recherche car il y est déjà, les programmes de recherche découlant d'une vision politique. Il s'agit de penser une autre politique, dont l'intervention pour gouverner la recherche n'est pas forcément un frein, loin de là.

Et concernant la question relative au champ d'expérimentation des possibles par la biologie de synthèse ?

Daniel Rodary

Le vivant se sert des limites qui lui sont imposés plutôt que de tenter de s'en affranchir. Sans ouvrir ici le débat récurrent à propos de Prométhée et Pandore, on peut poser que le vivant a presque tout exploré, ce qui nous donne la possibilité de constituer un cahier des charges du bio-compatible. Quand un organisme dépasse ses limites, la sélection naturelle fait qu'il disparaît. Dans le domaine de la santé, je veux bien entendre qu'il existe des priorités à développer certaines innovations, mais concernant l'alimentation et l'environnement, la question se pose sérieusement : est-ce que les hautes technologies ont pour l'instant apporté plus de progrès que de problèmes ? Quand on regarde l'agriculture ou l'élevage intensif, donc les sources principales d'alimentation, la réponse est maintenant clairement non, même dans les plus hautes sphères telles que l'ONU, pourtant d'habitude peu promptes à remettre en cause les méthodes productivistes (voir le rapport de l'IAASTD⁷ de 2007). Quand on regarde globalement les problèmes environnementaux, les solutions les plus probantes à l'heure actuelle sont souvent « *low-tech* », et pour nous ces questions ne doivent pas être résolues prioritairement par des innovations technologiques. D'autres voies offertes par la nature sont à explorer.

Samuel Bottani

Pour explorer le champ des possibles, il faut savoir que les protéines existantes sont une infime partie des protéines qui peuvent être créées. La marge d'évolution est encore grande, il faut donc la tester. On peut également changer la chimie de l'ADN en constituant des nucléotides artificiels différents des quatre nucléotides de base.

⁷ http://www.globalagriculture.org/reports/Synthesis_Report/Synthesis_3.html

Une participante

Je suis journaliste et je m'interroge sur l'idéologie qui soutient la formule « fabriquer pour mieux comprendre ». Fabriquer ces enfants permet-il de mieux les comprendre ? Faut-il fabriquer un ami pour le comprendre ?

Un autre participant

Pourquoi créer et investir de l'argent dans des choses qui n'apparaissent pas dans la nature et qui n'ont pas été retenues par l'évolution ? La production des bio-briques pose la question de la viabilité ou de la durabilité de la standardisation du vivant.

Ariel Lindner

Parler de l'évolution au passé peut donner l'impression que le résultat actuel est optimal. Or c'est faux. Des pistes différentes peuvent émerger. Des cellules vivent dans différents milieux aux conditions très différentes. Les scientifiques essaient de les associer pour obtenir un modèle durable. Ces résultats ne sont pas pour demain, mais l'on peut dire qu'ils sont compatibles avec les éléments naturels.



VIVAGORA
Association loi 1901 – JO 25 octobre 2003
N°siret 45078553000012 – APE : 9499Z
Siège social : 103 rue de la Tombe Issoire 75014 Paris
Bureaux : 33 bd Kellermann 75013 Paris
www.vivagora.fr