

BANG

Bit Atome Neurone Gène

ou la convergence des technologies

Nanotechnologies et artificialisation du vivant



BEDE

projet agricole, projet de société

juin 2009

en collaboration avec ETC group, Fondation Sciences Citoyennes et What Next Institut

(Coordonné par

Association BEDE (Biodiversité : Échange et Diffusion d'Expériences)

Contact : Association BEDE - 47 Place du Millénaire - 34000 Montpellier - France

E-mail : bede@bede-asso.org

Site internet : www.bede-asso.org

(En collaboration avec

Pour la Rencontre internationale des organisations de la société civile 'BANG' :

Canada : ETC group

France : Fondation Sciences Citoyennes, Réseau Semences Paysannes

Suède : What Next ? Institut

» infos : www.bangseminar.org

Pour le forum public "Sciences et société" :

Association Ouvre-Tête à Montpellier

(Avec le soutien de

FPH, CSFund, Conseil Régional Languedoc-Roussillon, MISEREOR, Université Montpellier 2

(Rédaction

Bernard Eddé, Bob Brac de la Perrière

(Maquette et infographie

Marie Le Breton - felinae@orange.fr



Avant-propos

Le progrès technologique est perçu par nombre de nos gouvernants, scientifiques, industriels et citoyens, comme la solution la plus efficace pour faire face aux multiples crises globales du nouveau millénaire : économique et financière, énergétique, environnementale, alimentaire... Des initiatives ont été ainsi lancées ces dernières années pour promouvoir les nanotechnologies et la convergence des technologies à l'échelle atomique comme réponse à ces crises. Les objectifs avancés de la "révolution des nanos" sont nombreux. Elle contribuera, entre autre, à relancer l'économie en favorisant la production de nouveaux biens de consommation, à apporter des solutions durables à l'épuisement des ressources énergétiques et de la biomasse, à créer une industrie chimique respectueuse de l'environnement, à résoudre les problèmes de pollution et de réchauffement climatique, et à mettre au point des thérapeutiques qui permettraient de soigner les grandes maladies de notre époque et de restaurer des fonctions altérées chez les personnes en situation de handicap. Un ambitieux programme. Mais n'est-il pas illusoire de vouloir résoudre des problèmes liés aux innovations technologiques passées par une politique qui fait appel à encore plus de technologies ? Peut-on accepter une nouvelle orientation majeure pour notre avenir commun, sans une information et une participation effective des acteurs sociaux aux prises de décision ?

Ce fascicule reprend les principales informations et les discussions d'un séminaire international et d'un forum public sur les enjeux de la convergence des technologies, organisés à Montpellier en novembre 2008 par plusieurs organisations du mouvement social. Il a pour objet d'apporter au public les informations utiles à l'élaboration d'une réflexion sur les développements récents des nanotechnologies et de la convergence technologique, ainsi que sur les enjeux éthiques, culturels, sociaux et sanitaires qui y sont liés. A côté de la nécessaire évaluation des bénéfices attendus et des risques auxquels ces nouvelles technologies peuvent nous exposer, des problématiques plus essentielles doivent être discutées : celles qui peuvent avoir un impact profond sur nos relations économiques et sociales, nos valeurs culturelles et morales, notre façon de voir le monde et singulièrement celle de savoir encore distinguer êtres vivants et matière inanimée.

Sommaire

I. Les nanotechnologies, socle de la convergence4

- Qu'est-ce que les nanos ?
- De multiples applications déjà commercialisées
- Une identité équivoque difficile à surveiller
- Un déficit patent dans la gestion des risques
- Les produits médicaux, une classe à part ?

II. Vers le développement de la biologie synthétique 9

- Qu'est-ce que la biologie synthétique ?
- Une convergence avec les nanos
- Des applications dans la continuité du génie génétique
- Quel cadre réglementaire pour les OGM clandestins ?
- Une remise en cause de nos principes éthiques

III. Géoingénierie : des modifications à grande échelle14

- Qu'est-ce que la géoingénierie ?
- Violation d'un moratoire
- Des projets démesurés pour ne pas réduire notre croissance

IV. Le contrôle social et l'amélioration des performances humaines16

- Une société étiquetée
- Les recherches pour l'amélioration des performances humaines
- Un bouleversement des relations sociales
- Quel homme "meilleur" ?

Conclusions19

- Une convergence structurelle accompagne la convergence technologique
- La nécessaire démocratisation des choix technologiques

• Quelques références documentaires23

Les initiatives pour promouvoir les nanotechnologies et la convergence des technologies ont d'abord été lancées aux États-Unis puis reprises dans la plupart des pays du Nord, y compris par l'Union Européenne. Elles ont pour objectif d'améliorer les performances humaines et technologiques en créant des liens étroits et synergiques entre quatre technologies principales : les nanotechnologies, les biotechnologies, les sciences de l'information et de la communication, et les sciences cognitives, d'où le nom de 'NBIC' (Nano, Bio, Info, Cogno). Leur mise en oeuvre fait appel à une palette de techniques utilisant ce qui est perçu comme les éléments de base de la matière (atome), du vivant (gène) et de l'esprit (neurone), tous considérés comme porteurs d'information (bits). Cette convergence a été dénommée le petit 'BANG' (Bits, Atomes, Neurones, Gènes) par ETCgroup, qui fait allusion à l'ambition extrême des objectifs affichés et à leur caractère potentiellement explosif. La description de l'univers des nanotechnologies, socle de la convergence, permet d'aborder la façon dont elles ont vocation à envahir les autres. Nous examinerons alors, successivement, la convergence avec les biotechnologies et le développement de la biologie synthétique ; avec la géoingénierie et la lutte contre le changement climatique ; avec les technologies de l'information et de la communication et leur utilisation pour le contrôle social ; et enfin, avec les sciences cognitives et les recherches pour l'amélioration des performances humaines, physiques et mentales. Nous verrons en conclusion comment la société confrontée à la convergence technologique du BANG fait aussi face à défis démocratiques pour contrebalancer la concentration des pouvoirs entre gouvernements, industries et institutions académiques et technologiques.

I. Les nanotechnologies, socle de la convergence



Qu'est-ce que les nanos ?

Les technologies à l'échelle nanométrique englobent une série de techniques utilisées pour manipuler la matière à l'échelle des atomes et des molécules. Le terme 'Nano' se rapporte à la taille, au nanomètre (nm), qui équivaut à un milliardième de mètre. C'est à peu près la taille d'un atome ou d'un petit groupe d'atomes. Par comparaison, un cheveu humain a une épaisseur 80 000 fois plus grande et un globule rouge, l'une des plus petites cellules de notre corps, 5000 fois plus grande.

A cette échelle, les propriétés de la matière changent pour deux raisons :

- un rapport élevé de la surface par rapport au volume ou à la quantité de matière favorise une augmentation de la surface d'échange et donc une réactivité accrue ;*
- à cette échelle, certains phénomènes quantiques apparaissent, ce qui entraîne des changements significatifs des propriétés, physiques, chimiques, optiques, électriques ou magnétiques de ces objets.*

Liées à un domaine de la physique extrêmement pointu, la physique quantique, les propriétés de la "nano-matière" ne peuvent être appréhendées par la physique classique qui étudie la matière à une plus grande échelle (microscopique et macroscopique).

Le développement des nanotechnologies a commencé au début des années 1990 mais a connu une accélération considérable à la suite de l'initiative lancée par le gouvernement américain en 2000, la "National Nanotechnology Initiative" qui a fortement appuyé ce secteur par des financements importants et croissants, puis des initiatives analogues lancées par l'Union Européenne et d'autres pays dans le monde. Des milliards de dollars sont investis chaque année par les États, les institutions académiques et l'industrie. Le retour sur investissement qui est attendu est également considérable, le marché des nanos étant évalué à plusieurs dizaines de milliards à l'horizon 2015.

De multiples applications déjà commercialisées

On estime aujourd'hui à plus de mille les produits commerciaux contenant des composants nanos. Ce sont :

- des biens de consommation courante très divers : balles et raquettes de tennis, lames de rasoirs, écrans et crèmes solaires, vêtements, miroirs et vitres de fenêtres, caméras, transistors... Ils apportent parfois une meilleure résistance aux matériaux composites qui les contiennent, une plus grande élasticité (propriétés mécaniques) ; une plus grande transparence comme dans les écrans solaires (propriétés optiques) ;
- des compléments et des produits d'emballage alimentaires (voir encadré ci-dessous) recherchés pour leur action bactéricide, leurs couleurs, leurs propriétés nutritives ;
- des applications médicales, qui représentent un domaine privilégié de l'industrie pharmaceutique pour diagnostiquer et traiter les maladies à l'échelle moléculaire. Aujourd'hui, des centaines de médicaments, systèmes d'administration et tests diagnostiques utilisant les nanos sont à un stade préclinique, clinique ou commercial : nanoparticules d'argent pour détruire les microbes résistant aux antibiotiques, "nanovéhicules" associés aux médicaments pour mieux les cibler et éviter les effets secondaires...

Plus d'une centaine de produits nanos dans l'agriculture et l'alimentation

Les 'Amis de la terre' ont fait un travail considérable pour identifier ces produits et permettre aux consommateurs d'exercer leur libre choix et leur responsabilité. Dans un rapport récent (2008), les 'Amis de la terre' présentent une liste des nombreux produits actuellement sur le marché de l'agriculture et de l'alimentation : engrais et régulateurs de croissance, emballages d'aliments et de boissons, produits d'entretien pour la maison et la cuisine (agents nettoyants et de protection), conservateurs, additifs alimentaires (agents de préservation, colorants, arômes, vitamines, métaux) intégrés dans les boissons et les aliments ou vendus séparément comme alicaments... Cette étude très fouillée présente les caractéristiques de chaque produit ainsi que les liens internet ayant permis leur identification. Intitulée "Nanotechnology in food and agriculture" (La nanotechnologie dans l'alimentation et l'agriculture), elle est disponible en anglais sur le site <http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/index.htm> (Une traduction partielle est disponible en français sur : <http://www.amisdelaterre.org/Nanotechnologies-chronique-d-une.html>). Cette étude alerte également sur la présence de nanoparticules produites de façon non intentionnelle au cours des procédés de plus en plus artificialisés de transformation des aliments, qui pourraient constituer une source de toxicité alimentaire d'autant plus dangereuse qu'elle n'est pas aisément identifiable.

Une identité équivoque difficile à surveiller

Une définition qui se cherche encore ? Pour pouvoir les évaluer, il faut d'abord pouvoir définir avec précision ce qu'est un produit nano. Cependant, de façon étonnante pour une technologie qui connaît une expansion considérable, il n'existe pas de définition universellement acceptée. Les critères de taille sont le plus souvent mis en avant, mais la taille retenue diffère selon les organismes gouvernementaux et les périodes (elle peut varier de 100 à 1000 nm !). D'autres scientifiques et institutionnels estiment que ce sont les propriétés spéciales qui apparaissent à cette échelle qui doivent primer dans la définition. Mais, si on fait fabriquer des objets nanos, on est souvent incapable de prévoir à l'avance leurs propriétés, et ce critère n'est pas forcément plus utile que le précédent.

L'incertitude qui découle de ce flou entourant la définition des nanos a bien sûr des conséquences sur le choix des objets qu'il faut surveiller et dont il faut étudier les risques potentiels sur la santé et l'environnement. Malgré cette incertitude, la mise sur le marché des produits nanos n'est soumise à aucun étiquetage particulier. Jusqu'ici, aucune réglementation, aux Etats-Unis, en Europe ou dans le reste du monde, n'impose un tel étiquetage. Certaines firmes ont commencé par mentionner l'origine nano de leurs produits comme argument publicitaire, mais l'ont vite retiré en raison des inquiétudes qui ont commencé à se manifester parmi les consommateurs.

Une autre source d'incertitude provient de nos capacités à détecter les produits nanos. Actuellement, il n'existe pas de procédés de routine permettant de suivre les nanoparticules dans l'air, l'eau, le sol et les organismes vivants. Les scientifiques reconnaissent qu'il s'agit là d'un problème non encore résolu et tentent de développer des instruments de mesure plus performants pour détecter les produits nanos non déclarés par les fabricants ou disséminés de façon non intentionnelle. Cela pose donc la question cruciale de l'efficacité de la surveillance sanitaire.

Un déficit patent dans la gestion des risques

Une fois les nano-produits identifiés et détectés, il faut encore pouvoir en évaluer les risques sanitaires et environnementaux. Les études toxicologiques menées sur des composés bien identifiés indiquent que certains d'entre eux pourraient avoir des effets négatifs

sur la santé. Certains pourraient même être aussi dangereux que l'amiante. Mais ces études sont trop rares et ne bénéficient que d'une très faible partie des financements accordés au développement des technologies.

Même les scientifiques les plus favorables au développement des nanotechnologies reconnaissent l'existence d'un déficit important dans la gestion des risques sanitaires et environnementaux, lié au faible niveau de connaissance des propriétés nouvelles de ces produits, de leur toxicité et de leur accumulation biologique. Plus significatif encore, ils soulignent que la gouvernance des risques est fragmentée et que les critères et méthodologies varient grandement d'un pays à l'autre. Ils pointent aussi l'inadéquation possible des méthodologies actuelles à l'analyse de la toxicité des produits nanos¹.

Les produits médicaux, une classe à part ?

Les nanoproducts médicaux sont soumis à des expérimentations beaucoup plus poussées pour tester leur efficacité et leur toxicité en raison des procédures d'autorisation de mise sur le marché, même si là aussi, il n'existe pas encore de méthodologie adéquate reconnue dans l'évaluation des risques.

On peut également se poser la question de l'intérêt réel de ces nanoproducts qui visent souvent à remplacer des médicaments tombés dans le domaine public. N'y a-t-il pas là des tentatives de prolonger artificiellement les périodes de brevet ? L'exemple de certains traitements de cancer du sein montre que des formulations nanos des mêmes médicaments ne sont pas significativement plus efficaces mais sont commercialisés à des prix 25 fois plus élevés que les formulations classiques génériques (New York Times, 1er Octobre 2006). Pour l'industrie pharmaceutique, les effets d'annonce profitant de la détresse des patients peuvent être déterminants et générer des profits considérables.

¹ Voir à ce sujet l'article éditant de l'un des fondateurs de la National Nanotechnology Initiative, Mihail Roco, "Nanotechnology and the need for risk governance" (La nanotechnologie et la nécessité d'une gouvernance des risques), co-publié avec O. Renn in *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 8 : 153-191, 2006.

Vers un début de législation européenne conséquente ?

Plusieurs institutions européennes commencent à prendre conscience des dangers liés au développement des nanotechnologies et tentent de promouvoir une législation adaptée. Le Parlement européen a adopté en mars 2009 une résolution qui souligne qu'il "n'existe actuellement aucune méthode permettant d'évaluer l'innocuité des nanomatériaux" et insistent sur la nécessité de développer des méthodes d'expérimentation spécifiques permettant de prouver l'innocuité de ces produits avant toute autorisation de mise sur le marché. Il demande également l'étiquetage systématique des produits nanos. Cette résolution se fonde sur l'avis du Comité scientifique des risques sanitaires émergents et nouveaux (CSRSEN) de la Commission, qui conclut "qu'il existe des lacunes considérables dans la connaissance indispensable à l'évaluation des risques" et qui cite la caractérisation des nanoparticules, la détection et la mesure des nanoparticules, la réponse à dose donnée, ce qu'il advient des nanoparticules chez l'homme et dans l'environnement et leur persistance ainsi que tous les aspects de toxicologie et de toxicologie environnementale liés aux nanoparticules. L'avis du CSRSEN conclut également que "les méthodes toxicologiques et écotoxicologiques existantes peuvent ne pas s'avérer suffisantes pour faire face à tous les problèmes en matière de nanoparticules."

L'autorité européenne de sécurité alimentaire (AESA) reconnaît aussi la grande incertitude inhérente à l'évaluation des nanoparticules. Devant la pression de ces institutions, relayée par celle des organisations écologistes et de consommateurs, un règlement renforçant le contrôle de l'utilisation des nanomatériaux dans les produits cosmétiques a récemment été adopté par l'Union Européenne². Il n'entrera cependant pas en vigueur avant 2012 et présente, de l'avis de nombreux observateurs, des lacunes importantes. Pour les autres types de produits, y compris les produits alimentaires, aucune réglementation n'a été adoptée, ni même sérieusement discutée par les instances européennes.

² Résolution adoptée par le parlement européen en date du 24 avril 2009, disponible sur : <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&reference=P6-TA-2009-0328&language=FR>

II. Vers le développement de la biologie synthétique



Qu'est-ce que la biologie synthétique ?

Les promesses du génie génétique de produire des plantes génétiquement modifiées d'intérêt majeur (résistance à la sécheresse, capacité nutritive améliorée...) se font attendre. Celles qui sont cultivées aujourd'hui dans le monde appartiennent toujours, pour la quasi-totalité, à deux catégories : résistance à la pyrale avec les plantes Bt et tolérance aux herbicides totaux. Nombre de biologistes estiment aujourd'hui qu'il paraît illusoire de prétendre modifier des fonctions complexes du vivant par des techniques fondées sur le bricolage du "copier-coller" des gènes d'un organisme à l'autre. Il faut trouver d'autres moyens, d'autres techniques, pour comprendre la complexité du vivant et espérer contrôler les effets des modifications moléculaires induites. Pour répondre à ces attentes, une nouvelle discipline se développe à la convergence de la biologie moléculaire, de l'informatique, de l'ingénierie et des nanotechnologies : la biologie synthétique.

La biologie synthétique a connu un essor similaire à celui des nanotechnologies depuis le début des années 2000. Son ambition est de concevoir et de construire de nouveaux "dispositifs biologiques" (pièces de machine composées de molécules biologiques, appelées aussi biobriques) et de s'en servir pour reformater les organismes existants et les adapter aux besoins de l'homme. A terme, l'objectif est de concevoir des organismes vivants qui n'existent pas dans la nature et de les synthétiser entièrement à partir d'éléments inorganiques. Au lieu de copier-coller les séquences d'ADN des gènes pour les transférer d'un organisme à l'autre, ce qui limiterait les potentialités à ce que la nature a fait, elle synthétise directement ces séquences d'ADN sur des machines dont la productivité a été multipliée par 700 en une dizaine d'années avec un coût de plus en plus faible. Avec les synthétiseurs d'ADN, on peut en effet modifier les séquences d'ADN à volonté pour produire les biobriques entrant dans la composition de nouveaux organismes vivants.

Pour apporter la “preuve du concept”, en d’autres termes pour s’exercer, la biologie synthétique a réussi à recréer complètement des virus totalement éradiqués (grippe espagnole, polio) en synthétisant directement leur ADN à partir des séquences stockées sur une base de données, et à démontrer leur pouvoir infectieux. Des organismes un peu plus complexes, les bactéries, font actuellement l’objet de recherches intenses en vue de les reprogrammer pour produire des constituants ou effectuer des tâches qu’ils ne font pas naturellement. En janvier 2008, l’équipe de Craig Venter, au premier plan dans le séquençage du génome humain, a déposé une demande de brevet sur un génome bactérien 100% synthétique et projette de le transférer dans une bactérie d’une autre espèce pour la “reprogrammer”. L’objectif à court terme est de reconstruire des bactéries possédant un génome “minimal” une sorte de machine élémentaire dans laquelle on pourrait insérer à volonté des biobriques permettant de réaliser telle ou telle tâche. Au lieu d’insérer au hasard les fragments d’ADN correspondant aux gènes d’intérêt dans le génome des organismes hôtes, la biologie synthétique vise à une bien plus grande précision en synthétisant l’ensemble du génome de l’hôte. La méthode est partiellement applicable aux organismes plus complexes, y compris aux animaux et aux plantes, et les recherches sur les chromosomes synthétiques progressent. En voulant supprimer l’aléatoire lié au bricolage du génie génétique, la biologie synthétique adopte la démarche de l’ingénieur qui conçoit et fabrique ses propres machines. C’est un pas de plus dans l’artificialisation du vivant.

Une convergence avec les nanos

On utilise déjà des particules nanos pour améliorer le fonctionnement des dispositifs biologiques, nous en avons vu un exemple dans le traitement du cancer, et inversement on utilise des molécules biologiques comme matrice pour construire des objets à l’échelle nano. Les dispositifs ainsi améliorés peuvent faciliter et rendre plus précis l’ingénierie des systèmes biologiques. A plus long terme, des systèmes nano-bio pourraient devenir des machines-outils miniaturisées, possédant les potentialités du biologique pour remplacer nos grosses machines actuelles polluantes et voraces en ressources énergétiques et matérielles. Pour demain ou après demain, on nous annonce des machines auto-répliquantes, auto-réparatrices et évolutives, et des organismes vivants totalement synthétiques, si l’on peut encore les qualifier de “vivants”.

Des applications dans la continuité du génie génétique

Au niveau des applications actuelles, il s'agit encore d'un domaine qui se situe en continuité avec le génie génétique tel qu'on l'a connu jusqu'ici. Ce sont les méthodes d'obtention des organismes génétiquement modifiés qui changent en cherchant à introduire une plus grande rationalité dans la modification, celle de l'ingénieur qui espère mieux maîtriser la complexité du vivant, grâce à ses méthodes standardisées et à ses capacités de modélisation informatique. De nouvelles bactéries génétiquement modifiées pour produire des médicaments ont ainsi été obtenues et ne diffèrent de celles déjà produites par génie génétique que par un nombre plus grand de gènes insérés. D'autres bactéries pouvant effectuer des opérations de dépollution dans la nature sont en cours d'expérimentation avancée.

Les applications industrielles à court et moyen terme sont nombreuses et les bénéfices alléchants. Des bactéries qui produisent divers composés chimiques dans de simples réacteurs pourraient remplacer les procédés chimiques lourds, coûteux et polluants. D'autres produiraient les médicaments que l'industrie pharmaceutique voudrait développer ; d'autres encore pourraient être utilisées comme détecteurs de produits toxiques ou polluants relâchés dans la nature et pourraient même les absorber et les transformer en composés inoffensifs. Ces applications industrielles pourront s'orienter aussi vers la production d'hydrogène pour des piles à combustible, la transformation des déchets alimentaires ou de la cellulose des tiges et des troncs en agrocarburants, ou encore l'absorption du CO₂ produit par notre consommation énergétique et nos activités industrielles... tous les miracles que les OGM étaient censés réaliser.

La biologie synthétique ne se cantonne cependant pas au monde des micro-organismes et toutes ces nouvelles méthodes sont aujourd'hui en train d'être testées pour produire des plantes et des animaux génétiquement modifiés de nouvelle génération. Il s'agit là d'un domaine dans lequel la séparation traditionnelle entre science fondamentale, tournée vers la connaissance, et science appliquée devient de plus en plus floue. Les chercheurs en sont conscients et n'hésitent pas à breveter leurs inventions et à fonder des start-up pour en tirer profit, en nouant des relations étroites avec les entreprises. Chez ces dernières, on observe une prépondérance des pétroliers (BP, Shell, Chevron) et de certaines compagnies chimistes-semencières comme Dupont, intéressées par la production d'agrocarburants de deuxième génération à partir de la cellulose. Modifier des bactéries pour permettre la transformation de la cellulose et modifier des plantes pour rendre la cellulose produite plus aisément transformable intéressent donc fortement les industriels. On retrouve dans leur engouement pour la biologie synthétique la même logique que celle qui a accompagné le développement des OGM.

Quel cadre réglementaire pour les OGM clandestins ?

- **Une identification dépendante des informations données par leurs concepteurs**

Les applications actuelles ou à court terme de la biologie synthétique ne posent pas de problèmes d'identification aussi graves que pour les nano-produits. En effet, les techniques de génie génétique permettent en principe de détecter tout organisme dont on connaît des éléments spécifiques de la séquence d'ADN de son génome. Ces organismes sont considérés comme des OGM et donc soumis aux mêmes procédures d'autorisation de mise sur le marché. Mais comme pour les OGM, ces méthodes dépendent en grande partie de la bonne volonté de leurs concepteurs à communiquer les informations sur les techniques utilisées et sur les séquences, nécessaires à leur détection.

- **Une surveillance rendue impossible par leur dissémination et la facilité de leur production**

En ce qui concerne leur dissémination dans l'environnement, des problèmes beaucoup plus graves se posent du fait de la multiplication du nombre d'organismes GM relâchés et de leur utilisation directe pour résoudre des problèmes d'environnement. Fabriquer des bactéries dépolluantes ou détectrices de pollution conduit forcément à une dissémination massive dans l'environnement qui peut échapper à tout contrôle. En outre, on peut aujourd'hui modifier les génomes beaucoup plus aisément et à moindre coût, ce qui met ces manipulations à la portée d'un grand nombre de gens. La facilité avec laquelle des organismes virulents pourraient se disséminer leur confère un potentiel d'armes biologiques à la portée d'apprentis sorciers ignorant la complexité du fonctionnement des êtres vivants, ce qui garantit des erreurs en cascade aux conséquences sanitaires et écologiques dévastatrices.

- **Un cadre réglementaire international indispensable**

Les cadres réglementaires construits pour les OGM paraissent maintenant trop étroits pour contenir les nouvelles inventions des ingénieurs du vivant, et il apparaît de plus en plus évident que de nouvelles dispositions légales sont nécessaires pour assurer une biosécurité efficace. Depuis quelques années, ETCgroup cherche à pousser l'idée d'une Convention internationale sur l'évaluation des nouvelles technologies (ICENT), un appareil indépendant qui serait chargé d'évaluer les nouvelles technologies majeures et de fournir un

système d'alerte rapide à l'échelle mondiale. ETCgroup considère en effet que des protocoles *sui generis*, abordant les nouvelles technologies une à une, comme le Protocole de Carthagène sur la biosécurité et la prévention des risques biotechnologiques, ne répondent pas aux problèmes posés par la convergence de toutes ces technologies. Il s'agirait ainsi d'établir un cadre intergouvernemental indépendant qui permette le contrôle et l'évaluation des nouvelles technologies au fur et à mesure de leur évolution, depuis les découvertes scientifiques initiales jusqu'à la commercialisation éventuelle³.

Une remise en cause de nos principes éthiques

Ces projets, parfois déjà bien avancés, traduisent une assimilation des êtres vivants à des machines que l'on pourrait modifier et reconstruire selon nos besoins. Certains vont même plus loin et cherchent à les créer de toutes pièces. Deux frontières éthiques sont ainsi franchies : la frontière qui place l'homme en position de créateur d'êtres vivants et celle qui lui permet de distinguer le vivant de l'inanimé. Le franchissement, voire l'abolition de ces frontières, pourrait devenir quelque chose de banal, justifié par les besoins illimités de l'homme et les ressources limitées de la nature. C'est la pensée de l'ingénieur appliquée au monde vivant. Ce que nous avons décrit jusqu'ici rend compte d'une philosophie qui s'oppose à d'autres conceptions et principes éthiques qui reposent sur une harmonisation de nos rapports aux êtres vivants dans un souci d'échanges mutuels et de coopération. Nous verrons dans le chapitre consacré à l'amélioration de l'humain que cette philosophie peut conduire à une artificialisation de l'homme lui-même.

³ Source : ETC Group Report, Communiqué No. 89, July-August 2005.
Voir <http://www.etcgroup.org/>



III. Géoingénierie : des modifications à grande échelle

Qu'est-ce que la géoingénierie ?

Les manifestations concrètes du changement climatique (fonte des glaciers, tornades, sécheresse...) ont dopé les initiatives de manipulation des écosystèmes à grande échelle pour modifier le climat. Une large gamme de programmes de géoingénierie faisant usage des nanotechnologies est en cours pour capter le CO₂ ou provoquer une opacité des rayonnements solaires. La fertilisation des océans, avec des particules de fer ou de l'urée pour stimuler la séquestration du CO₂ par le plancton marin, fait partie des expérimentations à grande échelle les plus décriées. Aux Philippines ou en Equateur, des compagnies ont projeté d'ensemencer ainsi des centaines de kilomètres carrés d'océan, parfois dans des réserves naturelles comme celle des Galápagos.

Violation d'un moratoire

Appuyée par l'avis du Conseil scientifique de la Convention de Londres sur la pollution marine, une coalition d'organisations a pu obtenir des gouvernements réunis à la dernière session de la Convention de la diversité biologique à Bonn en mai 2008, un accord de moratoire sur les activités de fertilisation des océans. Cette victoire du principe de précaution est cependant altérée par le fait que les Etats-Unis ne sont pas partie à la Convention, ce qui semble encourager l'engagement de sociétés états-uniennes de géoingénierie comme Climos Inc. dans la poursuite de leurs activités.

Cependant, un nouvel exemple de la façon dont les accords internationaux peuvent être bafoués est illustré par le projet indo-allemand LOHAFEX dont l'objectif est de "fertiliser" les océans en déversant plusieurs tonnes de fer sur une surface de 300 km² afin d'expérimenter leur effet sur la croissance du plancton et sa capacité à fixer le CO₂ atmosphérique. Devant la polémique inter-ministérielle en Allemagne, et grâce à l'initiative de plusieurs associations internationales, dont ETCgroup, le projet a été suspendu pendant un moment, avant qu'une décision du gouvernement allemand l'autorise à nouveau (janvier 2009). Cette décision est d'autant plus incompréhensible que l'Allemagne

est signataire du moratoire mentionné et que l'efficacité de ces techniques est très largement mise en doute dans le monde scientifique⁴. L'échec de cette expérience, menée sur plusieurs semaines en février et mars 2009, a finalement été reconnu par ses promoteurs.

Des projets démesurés pour ne pas réduire notre croissance

La manipulation des écosystèmes à grande échelle présente des risques incalculables. Cependant les dernières estimations très pessimistes sur l'augmentation du réchauffement climatique provoquent un revirement des responsables politiques jusqu'à présent les plus prudents vis-à-vis de ces technologies à risques. La justification de la géoingénierie devant la menace globale d'un réchauffement planétaire à brève échéance trouve de plus en plus d'adeptes. Le fleurissement de projets pouvant réduire le CO₂ de l'atmosphère sans changer les évangiles de la croissance est remarquable par la diversité des expérimentations : des aérosols projetés dans la stratosphère, des réflecteurs géants en orbite, l'ensemencement de nuages, la mise au point de substances chimiques pour sauver la couche d'ozone, la fertilisation de la mer par le fer, le pompage du CO₂ liquide vers le fond des océans ou dans les couches géologiques profondes de la terre, ou encore la généralisation des plantes et des arbres génétiquement modifiés pour capter le CO₂... Là encore, les nanotechnologies permettant de modifier les propriétés des substances et des appareils utilisés sont appelées à la rescousse.

Cette modification volontaire des écosystèmes est considérée comme l'une des principales menaces du 'BANG' par de nombreuses organisations et en particulier les organisations des peuples autochtones qui observent avec inquiétude l'appropriation et la transformation des derniers espaces qui soutiennent leurs modes de vie. Le nouveau mot d'ordre de la Via Campesina, "l'agriculture paysanne refroidit la planète", revendique que les choix technologiques pour lutter contre les changements climatiques s'orientent vers des solutions autrement durables⁵.

⁴ SCHIERMEIER (Q), "Ocean fertilization: dead in the water?: Study casts doubt on iron-induced carbon sequestration" (La fertilisation des océans, morte dans l'eau ? Une étude émet des doutes sur la stimulation de la séquestration du carbone par le fer). in *Nature*, vol. 457, pp. 520-521, 2009.

⁵ "Les paysan(ne)s qui pratiquent une agriculture durable contribuent à refroidir la terre" http://www.viacampesina.org/main_fr/index.php?option=com_content&task=view&id=233&Itemid=37



IV. Le contrôle social et l'amélioration des performances humaines

Les applications des technologies de l'information et de la communication, ordinateurs, puces électroniques, logiciels..., sont déjà largement utilisées par toutes les industries et contribuent à rendre peu coûteuses des technologies qui étaient jusque là inaccessibles, chères, et encombrantes.... Mais l'augmentation continue des puissances de calcul et des capacités de stockage des mémoires, qui repose jusqu'ici sur la miniaturisation des composants, atteint aujourd'hui ses limites.

La nanoélectronique est l'un des secteurs clé qui se développent pour dépasser ces limites en développant des structures capables de stocker et de transmettre de l'information. Les recherches qui sont menées vont de la synthèse directe de nano-structures à l'utilisation de molécules biologiques, par exemple l'ADN, comme support physique de composants électroniques. A leur tour, ces nouveaux supports potentialisent l'essor des autres technologies, un bel exemple de convergence du 'BANG'.

Une société étiquetée

Les nouveaux nanocomposants permettront d'amplifier la surveillance et le dépistage des gens et des objets en améliorant l'efficacité des appareils actuels et en réduisant leur coût. Au moment même où les législations sur la protection de la vie privée foisonnent de par le monde, les gens abandonnent des quantités massives d'informations personnelles sur Internet, tout en portant des puces RFID sur leurs propres affaires. Ces puces sont des systèmes qui permettent la localisation, l'identification et l'authentification d'objets de tous types ; elles sont déjà très répandues et ont vocation à s'intégrer vraiment partout. Des objets, des plantes, des animaux, des humains sont déjà pucés. Avec les nanotechnologies, ces puces pourraient être intégrées dans la structure même des objets manufacturés, devenir ainsi invisibles et indissociables de l'objet lui-même et pourquoi pas être implantées directement dans le corps des personnes que l'on estime devoir surveiller. L'accroissement considérable des activités de surveillance et de harcèlement commercial dans les lieux publics et privés que l'on observe depuis quelques années montrent une tendance qui ne fait que s'accroître.

Les recherches pour l'amélioration des performances humaines

Les promoteurs des NBIC affichent clairement que l'un des objectifs de la convergence des technologies est d'augmenter les capacités physiques et mentales humaines, de produire en quelque sorte *l'homme nouveau*, et de dépasser les limites dans lesquelles la nature et l'évolution l'auraient confiné jusqu'ici. Pour se faire, les sciences cognitives et les neurosciences apportent leur savoir-faire sur les circuits neuronaux, la biologie synthétique sur le fonctionnement du génome pour la thérapie génique, les technologies de l'information la puissance de calcul et de moyens de communication et les nanos la miniaturisation à l'extrême des dispositifs d'interface entre systèmes biologiques et systèmes synthétiques.

Un bouleversement des relations sociales

Les applications futuristes imaginant le remplacement des organes défectueux par des organes synthétiques, l'ajout d'organes artificiels plus performants commandés directement par les influx nerveux envoyés par le cerveau et relayés par des ordinateurs implantables ou externes, la communication directe entre cerveaux de personnes différentes pour améliorer la coordination de groupe (... ou son asservissement à un dirigeant), sont déjà en train d'être pensées et même parfois expérimentées.

Au-delà d'une idéologie eugéniste de l'amélioration de l'humain, les essais actuels sont justifiés par les scientifiques comme une tentative de répondre aux maladies et aux handicaps. On expérimente ainsi un implant neuronal artificiel pour remplacer les neurones endommagés par la maladie de Parkinson, avec un dispositif permettant de télécharger des logiciels directement d'un ordinateur vers l'implant installé dans le corps. Une application médicale de cette sorte ne peut que susciter l'adhésion, mais une réflexion approfondie ne peut éviter de poser la question de la difficile frontière entre le soin et la transformation structurelle de l'humain.

L'augmentation des capacités humaines est déjà d'actualité avec toutes les substances déjà disponibles et avec toutes les dérives que nous connaissons. La suppression de la frontière entre thérapie et amélioration peut littéralement métamorphoser les valeurs de santé et d'humanité. Gregor Wolbring, de l'Université de Calgary, estime que la

notion de handicap ou de maladie ne peut être appréhendée uniquement du point de vue du biologiste ou du médecin.

Amplifier ce phénomène en artificialisant l'homme par des interfaces homme-machine pourrait peut-être être habilitante pour une minorité mais elle sera sûrement débilite pour la grande majorité, la nouvelle classe de "marginiaux" que formeront alors les "non-améliorés".

Quel homme "meilleur" ?

La tendance risque fort de se maintenir, car c'est probablement avec les technologies d'amélioration des facultés humaines, produisant so-disant des corps plus robustes et des cerveaux plus performants, que les profits seront les plus conséquents. Les industriels visent notamment le marché que représentent la génération du baby boom, personnes âgées aisées aux pensions solides, donc solvables, qui ont construit leur conception linéaire du progrès dans les 'trente glorieuses' et semblent se comporter comme des consommateurs socialement autistes de technologies qui prolongent leur existence. D'autres secteurs importants sont aussi demandeurs des technologies du 'BANG' pour améliorer l'humain, et parmi eux en particulier l'armée, qui travaille sur les facultés des super guerriers pour les conflits de demain.

L'idéologie transhumaniste qui prépare l'Homo sapiens posthumain porte le 'BANG' comme un étendard, avec ses solutions technologiques qui cherchent à nous transformer pour nous permettre de survivre aux crises multiples. Elle exerce déjà un fort pouvoir d'attraction dans des cercles politiques convaincus qu'elle représente la seule voie permettant d'échapper aux impasses dans lesquelles l'humanité s'est engouffrée, sans remettre en cause les logiques de la croissance industrielle. Plus cette idéologie sera forte, plus les humains seront confortés dans leur croyance qu'ils ont besoin de ces techniques pour survivre. Elle justifiera l'artificialisation des écosystèmes et de nouvelles manipulations du vivant, accélérant la destruction des équilibres écologiques de la planète et empêchant tout espoir de restauration. L'engrenage dans lequel cette idéologie entraîne l'humanité nécessite de manière urgente un vrai débat public.

Conclusions

Une convergence structurelle accompagne la convergence technologique



Après ce tour d'horizon sur les enjeux scientifiques, technologiques et éthiques liés à la convergence, on ne peut laisser de côté un aspect essentiel, celui des intérêts économiques considérables qui sont en jeu. On assiste en effet depuis quelques décades à un phénomène de concentration sans précédent dans les domaines qui touchent au contrôle du vivant (secteurs agricole, agroalimentaire, pharmaceutiques) qui s'accroissent aujourd'hui avec les nanotechnologies... "Il y a trente ans, des milliers de firmes semencières et d'organismes publics s'occupaient de la sélection des végétaux. En 2008, dix grandes sociétés contrôlent plus des deux tiers des ventes mondiales de semences protégées par des droits de propriété intellectuelle" souligne ainsi un rapport de l'organisation ETCgroup sur la privatisation de la nature⁶ qui rapporte une tendance similaire pour les produits phytosanitaires (dix sociétés contrôlant 90% du marché), pharmaceutiques (dix sociétés contrôlant 55% du marché), vétérinaires (63%), biotechnologiques (66%). Plus frappant encore, les six grands de l'industrie des semences sont aussi en tête pour les produits phytosanitaires et les biotechnologies.

Parallèlement à ce phénomène de concentration économique, on assiste à une modification de la structuration des institutions scientifiques et technologiques soutenue par une politique qui privilégie des liens étroits entre recherche et industrie. Les pouvoirs publics encouragent, voire obligent, les scientifiques à établir des liens étroits avec l'industrie et le leitmotiv central de cette politique est l'innovation. En s'orientant vers des applications économiquement rentables pour pouvoir être financée, la recherche scientifique se trouve ainsi au service de l'industrie qui tire profit des grandes initiatives lancées par les pouvoirs publics à travers le monde pour promouvoir les nouvelles technologies à grand renfort d'argent public. La convergence des technologies à l'échelle nano exacerbe les convergences entre acteurs économiques et politiques issus de cercles toujours plus étroits.

⁶ *A qui appartient la nature ?*, Novembre 2008, <http://www.etcgroup.org/en/>

Les scientifiques sont incités à breveter leurs découvertes et à créer des entreprises qui seront in fine absorbées par les grands de la biotechnologie qui possèdent les portefeuilles de brevets les plus conséquents. Les frontières entre le monde de la science du vivant et celui de l'économie deviennent de plus en plus floues et les politiques scientifiques ne se décident plus qu'à l'aune des possibilités de profit qu'elles permettent d'engranger. Ce mouvement, lancé aux Etats-Unis il y a plus de vingt ans, s'étend aujourd'hui au monde entier. En France, les pouvoirs publics et les organismes de recherche contraignent les chercheurs et les universitaires à chercher des financements auprès des entreprises et donc à privilégier les secteurs qui intéressent celles-ci. L'autonomie des universités ne tend pas en réalité à les rendre indépendantes des pouvoirs publics mais à les lier aux entreprises et au monde économique. La sphère économique envahit ainsi, non seulement le monde de la recherche, mais aussi celui de la formation. Les retombées financières qui sont recueillies par les institutions de recherche et de formation ne servent qu'à cacher un mouvement inverse, celui de l'accaparement des financements publics par les entreprises.

Les recherches scientifiques sont donc de plus en plus dépendantes de leurs éventuelles applications et le temps de latence entre une découverte scientifique et son application dans la sphère économique tend ainsi à se réduire considérablement. Perçu de façon superficielle, ce phénomène pourrait apparaître comme un progrès. En réalité, le temps qui est réduit est celui de l'approfondissement de la découverte scientifique et de sa confirmation. Toute découverte partielle qui peut devenir source de profit est immédiatement utilisée, c'est l'avènement de la technoscience⁷.

Dans ce contexte, comme le montre le rapport d'ETCgroup :

"...les nouvelles technologies n'ont pas besoin de prouver leur utilité sociale ou leur supériorité technique (elles n'ont pas besoin de fonctionner) pour être lucratives. Il faut seulement qu'elles chassent la concurrence et forcent l'État à céder le contrôle. Une fois le marché monopolisé, les véritables résultats de la technologie n'ont plus la moindre importance."

⁷ TESTART (J), "Grandeur et misères de la science", in *La Décroissance*, mai 2009, <http://jacques.testart.free.fr/site/index.php/technoscience>

La nécessaire démocratisation des choix technologiques

Les organisations de la société civile commencent à prendre conscience de l'essor considérable des technologies du BANG et de leurs impacts. Les débats antérieurs concernant les organismes génétiquement modifiés ont montré qu'un public informé et engagé pouvait influencer les orientations technologiques et les décisions politiques correspondantes. Conscients de la force potentielle de ces mouvements, les pouvoirs publics, aussi bien aux Etats-Unis qu'en Europe, ont inscrit dans leurs initiatives la nécessité de consulter le public. Enquêtes, débats publics, conférences de consensus sur les nanotechnologies ont ainsi été organisés récemment en France. Cependant, dans la plupart des cas, l'objectif de ces événements est de limiter les erreurs de communication faites avec les organismes génétiquement modifiés pour éviter un refus massif du public. Ces initiatives ont pour la plupart pour objectif de faire accepter les nouvelles technologies par le public et non la participation réelle des organisations de citoyens aux grandes orientations technologiques.

C'est pour promouvoir cette participation qu'une trentaine d'organisations du monde entier se sont réunies dans la région de Montpellier en novembre 2008. Cette initiative de ETCgroup, avec la collaboration de BEDE, l'association française Fondation Sciences Citoyennes et What Next Institut (issu de la fondation suédoise Dag Hammarskjöld), a permis de produire quelques réflexions, dont les principaux points sont résumés ci-après⁸.

- L'humanité traverse probablement les plus graves crises de son histoire avec l'épuisement croissant des ressources naturelles en biomasse et énergie, la faillite du système alimentaire, le réchauffement climatique et la saturation de notre planète face aux pollutions. Le premier objectif de BANG n'est pas tant de résoudre ces crises mais de sauver un modèle de croissance fondé sur la concentration des moyens et des contrôles entre les mains d'une poignée d'entreprises.
- Alors qu'il est présenté comme un moyen de résoudre les crises, BANG fonctionne en réalité selon les principes d'une fuite en avant technologique et introduit de nouvelles menaces pour la survie même de l'humanité. Les risques que ces nouvelles technologies entraînent sont mal compris,

⁸ <http://bangseminar.org/>

même par les scientifiques, et les mécanismes et réglementations de surveillance et de gestion des risques sont complètement inadaptés. Malgré cela, des centaines de produits biotechnologiques et nanotechnologiques sont mis sur le marché sans aucune évaluation des risques sanitaires, environnementaux et sociaux qu'ils peuvent entraîner, violant de façon délibérée le principe de précaution.

- Les technologies ne sont pas neutres et font partie du problème plutôt que de la solution. Il est indispensable de transformer et démocratiser la science et les recherches technologiques, de privilégier des modes démocratiques et holistiques de recherche technologique, intégrant des sources de connaissance diverses et permettant à l'ensemble des groupes sociaux, y compris les groupes les plus défavorisés, d'être parties prenantes des prises de décision.



Quelques références documentaires

- Académie Royale de Grande Bretagne : "Nanoscience and nanotechnologies": Opportunities and uncertainties", 2004, <http://royalsociety.org/document.asp?id=2023>
- "Amis de la terre", sur leur site, <http://www.amisdela terre.org/>, rechercher : nanotechnologie, biologie synthétique. Voir aussi le site anglophone consacré aux nanos : <http://nano.foe.org.au/>
- CNRS, <http://www.cnrs.fr>, Focus Nanosciences, 2005. " Enjeux éthiques des nanosciences et des nanotechnologies " - Avis du Comité d'éthique du CNRS, 2006, www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/docs/ethique__nanos__061013.pdf
- ETCgroup, <http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?language=French>, "Un infiniment petit guide d'introduction aux technologies à l'échelle nanométrique et à la théorie du petit BANG", 2006 - "A qui appartient le monde ?", 2008 et d'autres documents en français et en anglais.
- Fondation Sciences Citoyennes, <http://sciencescitoyennes.org/spip.php?article1572>, "Survivre aux nanotechnologies ? Giga-questions, nano-visions et citoyenneté", 2006.
- Le film de Julien Colin, *Le silence des nanos*, <http://www.lesilencedesnanos.com/spip.php?article11>
- L'observatoire des nanotechnologies qui fournit des informations actualisées et des dossiers thématiques : <http://nanotechnologies.fr.st/>
- Pièces et main d'œuvre (PMO), association grenobloise, rubrique "Nécrotechnologies" <http://www.piecesetmaindoeuvre.com/spip.php?page=plan>
- Vivagora : <http://www.vivagora.org/>, rubrique nanotechnologies. Voir aussi : Dorothée Benoit-Browaëys, "Nanotechnologies, le vertige de l'infiniment petit" in *Le Monde diplomatique*, Mars 2006.
- Vivant : <http://www.vivantinfo.com/index.php?id=150>, analyse des débats citoyens sur les nanos.



(En collaboration avec



(Avec le soutien de



The background of the page is an abstract composition of various geometric shapes, primarily polygons, in shades of brown and orange. The colors transition from dark brown at the top to lighter orange and tan towards the bottom. The shapes are arranged in a way that creates a sense of depth and movement, resembling a stylized landscape or a complex pattern.

Impression juin 2009
ISBN : 2-9523870-5-2

Prix 5 €