

Samedi 13 mars nous avons assisté à une formation organisée par l'association Rés'OGM sur les modifications actuelles du vivant et la convergence des nouvelles techniques : biotechnologies, nanotechnologies, technologies appliquées aux neurosciences, technologies de l'information et communication.

Ce thème était décliné en deux volets :

- Éric Meunier rédacteur à Inf'OGM et biologiste, nous a d'abord parlé des techniques de modification du vivant et de leur réglementation,
- Daniela Cerqui de l'Université de Lausanne nous a parlé de son travail d'anthropologue auprès de chercheurs travaillant notamment sur « l'amélioration » des capacités humaines.

Un échange avec la salle a suivi chacune de ces interventions.

Je vous propose un compte-rendu de cette rencontre.

*Les bases scientifiques se trouvent dans le précédent dossier « Menaces sur la biodiversité » déjà paru sur ce site, ainsi pour la transgénèse, je me contenterai ici de compléments ou mises à jour.*

Pour les autres sujets, sur les mêmes bases, je présenterai de façon non exhaustive ce qui se fait déjà dans les laboratoires, les applications utilisées à ce jour dans différents domaines de la vie et pour la deuxième partie les projets concernant l'artificialisation du vivant.

*Quelques références supplémentaires seront données à la fin du dossier.*

Les questions éthiques suscitées sont fondamentales. Elles seront ici seulement évoquées mais il serait plus qu'intéressant de poursuivre cette réflexion autour de nous.

# 1ère partie : Les techniques de modifications du vivant

## Convergence des techniques

Ces techniques ont intéressé en premier le monde végétal.

La mise au point technique de variétés de plantes suit très schématiquement trois étapes : la **détection de nouvelles caractéristiques** (recherche), la **modification d'une plante** afin qu'elle acquière ces caractéristiques (expérimentation) et la **mise au point de variétés commerciales** ayant intégré la nouvelle caractéristique (développement).

Pour cela, le **paysan**, lui, va d'abord repérer des plantes disposant de caractéristiques l'intéressant. Il va ensuite **multiplier ces plantes ou les croiser**, puis **sélectionner** celles qui auront les caractéristiques désirées soit dans une seule plante - lignée - soit réparties entre plusieurs plantes destinées à être cultivées ensemble - population - , avant de stabiliser la présence de ces caractéristiques au sein d'une même variété par multiplications successives.

**En laboratoire**, les scientifiques peuvent également effectuer une amélioration conventionnelle des plantes, par multiplication ou par croisement. Si le gène d'intérêt ne se trouve pas dans une espèce sexuellement compatible, ou plus simplement pour **gagner du temps**, ils peuvent aussi effectuer une **amélioration par mutagenèse** (par exemple par rayons ionisants, choc chimique ou thermique), par **fusion cellulaire**, ou encore par **transgénèse**... Ils peuvent ainsi utiliser des caractéristiques trouvées dans d'autres plantes ou dans le monde animal ou dans le monde microbien.

### 1 - La transgénèse

*Certains points ne sont pas développés : voir dossier : Menaces sur la biodiversité*

- **Définition législative d'un OGM** ( selon la directive 2001/18 ) : un **OGM est un organisme, à l'exception des êtres humains dont le matériel génétique a été altéré d'une façon ne se reproduisant pas naturellement lors d'un croisement et/ou de recombinaisons naturelles.**
- **Principe de la transgénèse** : apporter une « nouvelle » caractéristique à une plante en modifiant son patrimoine génétique, par insertion d'une « cassette » dite **transgène**.
- **Caractéristiques** :
  - apport de gène étranger à l'organisme
  - insertion et nombre de copies du transgène non maîtrisées
  - sélection des cellules GM à l'aide de gènes marqueurs Les gènes de résistance aux antibiotiques sont toujours utilisés : ex dans la pomme de terre Amflora nouvellement autorisée en Europe: gène de résistance à la kanamycine, antibiotique utilisé dans de rares cas chez l'homme mais fréquemment en usage vétérinaire.
- **Ce qui existe déjà** :
  - plantes GM autorisées à la culture commerciale en Europe : maïs Mon810 depuis le 9 octobre 2009, pomme de terre Amflora depuis le 2 mars 2010, un maïs T25 autorisé depuis 2006 mais non cultivé.  
Cela n'inclut pas les plantes GM autorisées en essais.  
D'autre part, de nombreux projets à visées commerciales sont près à sortir des tiroirs des agrosemenciers!
  - plantes GM importées majoritairement pour l'alimentation animale et /ou humaine ( **soit produisant un insecticide, soit résistant à un herbicide, soit les 2** ) : différentes variétés de : maïs, coton ( co-produits utilisés dans l'alimentation animale ( tourteaux ) et humaine ( huiles ), colza , soja et aussi 1 variété d'oeillet pour l'horticulture (couleur modifiée ).
- **Législation** : en Europe, les principaux textes sont :
  - directive 2001/18: dissémination environnementale
  - règlement 1829/2003: chaîne alimentaire humaine et animale
  - règlement 1830/2003 : étiquetage

- **Problématiques engendrées :**
  - *impacts sanitaires*: allergie, toxicité, doses de pesticides paradoxalement augmentées pour les cultures GM, validité scientifique de l'évaluation;
  - *impacts environnementaux*: dissémination du transgène, résistances d'insectes ravageurs, devenir des herbicides utilisés...
  - *impacts sociaux-économiques*: propriété intellectuelle, coexistence, étiquetage ...

**Remarque :** de nos jours une technique proche de la transgénèse consiste à prélever un gène d'une variété sauvage d'une espèce : le plus souvent un gène de résistance à un pathogène pour le transférer dans une variété cultivée de la même espèce (ex pour les pommiers) en vue d'obtenir la même propriété : c'est la **cisgénèse**.

Or les scientifiques moléculaires soutiennent que la plante obtenue n'est pas un OGM parce que le transgène aurait pu théoriquement être introduit naturellement dans la plante cultivée!

## 2 - La mutagenèse

Depuis que la vie existe, des facteurs environnementaux modifient de façon spontanée l'ADN des cellules ( soit ponctuellement : 1 seul nucléotide modifié, soit plusieurs nucléotides ), c'est ce que l'on appelle des **mutations** ( au sens large ). Les mutations ( mais pas elles uniquement ) **ont permis l'évolution de la vie sur Terre**.

**Depuis 10 000 ans**, les agriculteurs utilisent des variétés de **plantes qui mutent dans les champs** et qui sont sélectionnées au cours des récoltes car elles produisent des plantes convenant mieux aux caractéristiques du milieu.

**Au début du 20ème siècle**, des travaux de production artificielle de "mutants" ( individus portant la mutation ) ont été effectués. Désireux d'obtenir des variétés de plantes ayant de nouvelles propriétés, des scientifiques ont choisi de ne pas attendre que des mutations apparaissent naturellement mais plutôt **de les provoquer** en laboratoire. Depuis, les techniques de **mutagenèse** se sont multipliées.

- **Définition de la mutagenèse :** c'est l'induction de mutations par l'application d'un agent mutagène.
- **Principe :** modifier le patrimoine génétique, par utilisation d'agents mutagènes : physiques ( rayons X, gamma, ultra violets notamment ), chimiques ( différentes substances), chocs thermiques, par culture de cellules exposées à des agents sélectifs comme les herbicides ou par sélection de plantes mutées naturellement.
- **Techniques :**
  - **mutagenèse induite ou incitée :** Des semences ou des cellules de plante que l'on veut modifier sont exposés aux agents mutagènes.  
Les mutations ainsi introduites sont aléatoires ( se produisent en un lieu quelconque du génome ).  
On les soustrait à ces agents puis on les laisse germer et/ou on les cultive.  
On **sélectionne** alors les individus viables et parmi eux, ceux qui ont les caractéristiques agronomiques recherchées c'est à dire ceux qui portent dans leur génome la mutation recherchée. ( Les plantes présentant des propriétés non désirées mais a priori intéressantes sont conservées pour faire l'objet de recherches plus poussées ). Dans les plantes mutées intéressantes, on cherche alors à identifier précisément le gène portant la mutation.  
Depuis 2000, on dispose d'une technique rapide d'identification du gène et de la nature de la mutation.  
Cette technique appelée sélection assistée par marqueurs (SAM) permet **de détecter** le gène intéressant.  
Une fois ce gène connu, on pourra le repérer dans le génome d'une autre variété de la plante et ainsi **sélectionner plus vite les individus mutés**.
  - **mutagenèse dirigée:** cette technique est utilisée depuis longtemps en laboratoire en particulier pour connaître le rôle de certains gènes dans l'embryon. Depuis peu, on sait l'appliquer aux plantes : **on peut muter en un point spécifique leur ADN** (ciblage). On utilise des enzymes (dits en doigts de zinc) mais il existe aussi d'autres techniques.  
**Remarque :** le premier OGM obtenu de cette façon est une variété résistante aux herbicides, ce n'est pas une plante améliorée pour ses qualités alimentaires! En effet, la plupart des caractères intéressants pour l'amélioration des plantes sont déterminés par des gènes multiples, en pratique impossibles à cibler.
- **Caractéristiques :**
  - nature et nombre de mutations non maîtrisés pour la plupart des techniques.
  - la mutagenèse est associée à des techniques de sélection ( la plus utilisée : la SAM ).

- **Ce qui existe déjà** : Programme conjoint FAO / AIEA en 1964 !  
3088 variétés commercialisables soit plus de 170 plantes : maïs, soja, coton, aubergine, pomme de terre, blé, orge, riz, tournesol, raisin, poire...  
Selon le PR Graham Schole ( Canada ), « établir une liste des variétés de plantes améliorées par mutagenèse reviendrait, à quelques exceptions près, à établir une liste de toutes les variétés de plantes cultivées dans le monde ».
- **Législation** : en Europe, la directive 2001/18 s'applique aux plantes mutées( les reconnaît en temps que plantes génétiquement modifiées ) mais l'annexe 1B de cette même directive les exclut du champ d'application !  
L'obtenteur doit simplement inscrire sa nouvelle variété au catalogue officiel ( voir à ce sujet le dossier *Menaces sur la biodiversité* ).  
N'étant pas légalement considérés comme des OGM, ces OGM clandestins obéissent à la réglementation des végétaux standards et sont donc ainsi dispensés des contraintes de la directive rendant notamment obligatoires des demandes d'autorisation (mentionnant les procédés de production utilisés), des évaluations en terme de santé et d'environnement ainsi que des étiquetages, aussi insuffisants soient-ils.
- **Problématiques** :
  - **Impacts sanitaires** : seules les plantes mutées « alimentaires » doivent être évaluées et les analyses sont faites par l'obtenteur!  
D'autre part, le traitement par agent chimique a pour propriété d'abîmer le génome, ce qui provoque des mutations non intentionnelles. Des réarrangements génétiques et des interactions imprévus entre les gènes et leur environnement ont été constatés.
  - **Impacts environnementaux** : les plantes mutantes présentent les mêmes risques que les plantes transgéniques car elles portent et peuvent transmettre la mutation de leur patrimoine génétique à des plantes voisines dans le cas d'une reproduction sexuée. En conséquence, des risques de perte de biodiversité, d'acquisition de tolérance aux herbicides, d'apparition de résistance chez les insectes cibles existent.
  - **Impacts sociaux économiques** : Les firmes déposent des brevets sur les plantes mutantes et les agriculteurs les cultivant signent des contrats avec ces firmes.  
Les brevets et contrats sur les semences sont un outil de mise sous dépendance des agriculteurs privés du droit de conserver leurs semences d'une année sur l'autre.

*La mutagenèse pose aussi un problème plus spécifique : les mutations n'apparaissent pas stables lors de leur transmission au cours des générations successives.*

**Remarque** : la mutagenèse et la transgénèse peuvent être associées : ex : un maïs transgénique tolérant des doses de glyphosate six fois supérieures à celles utilisées normalement a ainsi été créé. Ce maïs a été obtenu en effectuant des mutations aléatoires sur des bactéries pour rechercher une souche qui tolérerait l'herbicide. Le gène ayant subi la modification conférant la propriété désirée code pour l'enzyme gat, il a été transféré au maïs qui devient tolérant au glyphosate. Ainsi Pioneer a créé un maïs différent de celui de Monsanto et a pu déposer un brevet.

### 3 - Les nanobiotechnologies

Les nanotechnologies sont des technologies qui manipulent la matière à l'échelle du manomètre ( nm ) c'est à dire de 1 milliardième de mm. A cette échelle la matière est sous forme d'atomes ou molécules et la réactivité de cette matière est augmentée : des réarrangements d'atomes peuvent être rendus possibles. Ce n'est plus le domaine de la physique classique ( échelle micro ou macroscopique ) mais le domaine de la physique quantique. Certains virus ( les plus petits : quelques dizaines de nm ) peuvent être concernés par les nanotechnologies. C'est l'invention du microscope à effet tunnel en 1981 qui a ouvert la voie. Il a permis non seulement de voir les atomes mais de les déplacer un par un. Il est le premier d'une génération de microscopes dits à champ proche; c'est avec ces outils que les nanotechnologies sont nées. Elles ont pris leur essor en 2000 ( financements importants ).

- **Définition et principe** :  
Il n'existe pas de définition universellement acceptée.  
On peut simplifier en disant que les nanotechnologies travaillent la matière ( atomes, molécules ) à l'échelle nanométrique pour l'organiser d'une manière spécifique et aboutir à des nanoparticules, nanomatériaux ou nanosystèmes ( organisation de nanoparticules ) aux propriétés particulières parfois inédites et d'intérêt.

Dans le domaine de la biologie, il devient donc possible de faire interagir ces nano-objets avec les systèmes du vivant, en particulier les molécules: ce sont les **nanobiotechnologies**.  
D'un autre point de vue, les capacités d'organisation naturelle de la matière vivante ( membranes, protéines, ADN ... ) pourraient servir de schéma pour construire des nanostructures.  
Les nanotechnologies sont donc des agents de l'interface vivant - non vivant.

- **Caractéristiques :**

- échelle nanométrique
- les nanotechnologies ne sont pas une discipline à part mais sont des outils qui **articulent tous les domaines techniques à l'échelle atomique**.
- on sait fabriquer des objets nano, mais leurs propriétés ne sont pas toujours prévisibles
- **insuffisance des données disponibles pour évaluer les risques sanitaires et environnementaux des nano-produits**
- il n'existe pas de procédés de routine permettant de suivre les nanoparticules dans l'air, l'eau, le sol et les êtres vivants.
- les nano et nanobio- technologies sont un des domaines de travail en France du CEA ( commissariat à l'énergie atomique, établissement public lié à l'industrie et la défense )
- pour certains objets nanos on vise l'auto répllication.
- ....

- **Ce qui existe déjà dans les nanobiotechnologies:**

L'agence française de sécurité sanitaire dénombre 2000 nanoparticules manufacturées commercialisées dont 600 produits de consommation ( **104 produits agricoles et alimentaires** ).

Nous nous limiterons à **présenter les nanotechnologies dans le domaine du vivant**.

Nanomédecine et génétique :

- mise au point de nanoparticules ( molécules ou protéines de synthèse ) ciblant des cellules, groupes de cellules ou organes du corps humain pour les soigner : **nanomédicaments ou nanovéhicules de médicaments**: ex : nanoparticules détectant des cancers ou capables de les traiter ( cela se fait déjà ), nanoparticules contenant de l'argent pour détruire les bactéries résistantes aux antibiotiques ...

- mise au point de ce qui est appelé les interfaces neuro-électroniques : il s'agit d'établir **une interface fine entre un cerveau humain et un ordinateur** capable de transcrire les signaux nerveux du cerveau,

- mise au point de **nanorobots** capables de repérer et de réparer des lésions dans le corps humain

- mise au point de **gènes de synthèse dits « calculateurs »**. Le principe est assez simple mais l'application n'est pas pour tout de suite : mettre au point un automate moléculaire comprenant notamment un gène dans sa version fonctionnelle. Présents dans les cellules, de tels automates détecteraient une mutation délétère apparaissant au sein d'un gène et seraient alors capables de s'activer eux-mêmes pour conduire à l'expression du gène fonctionnel et compenser ainsi la mutation apparue.

- mise au point de **biopuces**. Il s'agit de molécules - ADN, anticorps, enzymes, ou toute autre protéine - qui sont fixées sur un support et permettent alors de conduire des analyses d'échantillons biologiques ( seraient surtout utilisées comme outils de diagnostic ou de suivi d'une thérapie)

En agriculture et alimentation ( selon la CNDP : commission nationale du débat public ) :

- nanomatériaux dans les aliments : compléments alimentaires recherchés pour leur action bactéricide, leurs couleurs, leurs propriétés nutritives, nanomatériaux dans les emballages alimentaires.

Ce qui est visé : une nourriture interactive, ex : nanoparticule capable de détecter une carence et délivrant une certaine dose de supplément nutritif

- domaine agricole : dans les engrais, régulateurs de croissance et pesticides, dans les médicaments vétérinaires.

- **Législation :**

- *concernant la mise sur le marché* : les systèmes d'autorisation reposent sur la composition chimique des produits ce qui est inadapté aux nanoparticules, les effets dépendant aussi de l'organisation nouvelle des éléments atomiques et de leur taille.

- *concernant la traçabilité* :

La mise sur le marché n'est soumise à aucun étiquetage particulier.

Comme on ne sait pas suivre les nanoparticules, il n'y a pas de traçabilité !

—> **Il n'y a pas à ce jour d'encadrement réglementaire**

Le parlement européen commence à se saisir de cette question: en mars 2009 il a adopté une résolution qui souligne « qu'il n'existe actuellement aucune méthode permettant d'évaluer l'innocuité des nanomatériaux » et il demande à la commission européenne :

- que soient développées des expérimentations spécifiques permettant de prouver l'innocuité de ces produits avant toute autorisation de mise sur le marché,

- que les nanomatériaux présents dans les emballages alimentaires soient listés comme approuvés,
- un étiquetage des ingrédients présents sous forme de nanomatériaux,
- que soit considérées comme nouvel aliment, les « denrées alimentaires contenant des nanomatériaux fabriqués »

- **Problématiques :**

**Les nanotechnologies concernent tous les secteurs** et le comportement des nanoparticules ne répond pas aux lois de la physique classique : leurs propriétés, leur persistance dans les organismes, le sol ... , leur toxicité **varient selon leur taille et le nouvel arrangement des atomes !**

**Ainsi les risques sont difficiles à analyser**, il n'y a pas de méthode d'évaluation et les connaissances en ce domaine sont très limitées, voire inexistantes.

- **impacts sanitaires** : « les données disponibles indiquent que certaines nanomolécules insolubles peuvent franchir les différentes barrières de protection, se distribuer dans le corps et s'accumuler dans plusieurs organes... » prévient une étude de l'agence de sécurité des aliments en 2006.

Fin 2008 un nouveau rapport juge que la nano-toxicologie fournit « des résultats encore peu nombreux, disparates et parfois contradictoires » et qu'il « n'est cependant pas possible d'exclure à cette date l'existence d'effets néfastes pour l'homme et l'environnement ».

- **impacts environnementaux** : Une fois libérés dans la nature, les matériaux nanomanufacturés constituent une catégorie inédite de polluants artificiels. Qu'en est-il de la mobilité de ces substances, de leur persistance dans le sol, de leur accumulation dans l'air et dans l'eau, et des interactions inattendues avec d'autres matériaux chimiques ou avec des produits agricoles à visée alimentaire ? Le petit nombre d'études réalisées jusqu'à maintenant a eu pour effet de tirer plusieurs sonnettes d'alarme. On a par exemple prouvé que l'exposition à des concentrations élevées d'aluminium nanométrique a fortement restreint la croissance de cinq espèces de cultures commerciales, que des sous-produits liés à la fabrication de nanotubes de carbone accroissaient le taux de mortalité et freinaient la croissance chez un petit crustacé d'estuaire et que le nanoargent nuisait à des microorganismes bénéfiques.

- **impacts sociaux-économiques** :

- . Les nanobiotechnologies appliquées en médecine ont bien sûr un intérêt , mais ne devrait-on pas d'abord s'attaquer aux facteurs environnementaux cause de nos maladies ?

- . Celles appliquées à l'agriculture, l'alimentation, la pharmacie, les cosmétiques... envahissent notre quotidien alors que nous l'ignorons la plupart du temps et que nous n'en connaissons pas les risques. L'Etat finance les recherches en nanotechnologies depuis 10 ans environ et notamment en biologie ( pôle NanoBio au CEA depuis 2002 ? ) alors qu'aucun fond n'est dédié aux études toxicologiques et aux impacts sanitaires et environnementaux. **Ainsi, un choix de société ne nous est-il pas imposé ?**

- . Se pose aussi le problème des brevets sur les nanoparticules biologiques privatisant le vivant et le commerce qui va avec comme pour les OGM.

- . Enfin, les nanotechnologies sont très chères, elles n'intéressent que les pays riches qui peuvent se le permettre.

- . Les nanotechnologies sont présentées comme une technologie de confort mais n'oublions pas aussi qu'elles sont liées à la surveillance sécuritaire (puces RFID ) et à ses dérives éventuelles - question majeure - ainsi qu'à l'industrie de l'armement.

**Remarque** : Les nanobiotechnologies se basent sur une **vision réductrice du vivant** qui serait fait d'éléments constitutifs séparés que l'on peut manipuler. Alors qu'un organisme n'est pas fait de la somme de ses éléments mais de leurs interactions innombrables et très mal connues! Les molécules sont dans les cellules, celles-ci sont excessivement complexes ( 3,5 milliards d'années d'évolution ), elles communiquent entre elles dans un organisme et cet organisme évolue aussi dans un environnement complexe !

## 4 - La biologie synthétique

Elle a pris son essor à partir de 2000.

- **Définition** : c'est l'ingénierie du vivant: la synthèse de systèmes complexes fondés sur la biologie, et qui remplissent des fonctions n'existant pas dans la nature.
- **principe** : déconstruire l'organisation du vivant pour identifier les unités de base constitutives et leurs implications dans le fonctionnement vital dans le but de construire de nouvelles unités de base ( biobriques ) pour :
  - dans un premier temps reformater les organismes existants et les adapter aux besoins de l'homme,

- à terme concevoir des « organismes » vivants qui n'existent pas dans la nature à partir d'éléments inorganiques pour en faire des machines qui traitent l'information, manipulent les éléments chimiques, produisent de l'énergie ou des molécules susceptibles d'améliorer l'environnement voire l'homme.

- **Caractéristiques :**

- la biologie synthétique a une vision réductionniste du vivant : la vie n'est pas un simple assemblage de pièces ( voir remarque pour les nanobiotechnologies ),
- les unités de base dans le vivant sont les cellules et à l'intérieur de celle-ci:
  - . les gènes ( G ) sont les unités d'information, on dit bits ( B ) par analogie avec l'informatique ),
  - . les protéines ( surtout ) sont des unités fonctionnelles ( ouvriers ),
  - . les gènes c'est à dire l'ADN et les autres molécules de la cellule sont formés d'atomes ( A ),
 enfin il faut utiliser le résultat des sciences cognitives sur le fonctionnement de la pensée pour envisager la construction d'un organisme à part entière. On s'intéresse donc au fonctionnement des cellules nerveuses: les neurones ( N ),
  - c'est pourquoi la biologie synthétique est souvent caractérisée par le terme de BANG pour montrer la convergence de 4 ces disciplines B: bits ( informatique), A: atomes ( physique, nanotechnologies ), N : neurones ( sciences cognitives ), G : gènes ( génétique et fonctionnement des gènes dans la cellule ).

- **Ce qui se fait déjà et ce qui est prévu :**

**Actuellement la biologie synthétique se situe en continuité avec le génie génétique :** après avoir étudié la composition des gènes, on est capable maintenant de produire des séquences d'ADN en grand nombre.

Ainsi, un biologiste américain, Graig Venter a déjà synthétisé un génome bactérien pour lequel il a déposé un brevet en 2008 . Il a « collé » bout à bout des séquences d'ADN synthétisées par des entreprises spécialisées mais copiées sur le génome d'une bactérie existante ( Mycoplasma genitalium ) .

Un génome tout seul ne fait pas grand chose, Venter projette donc de transférer ce génome synthétique dans une bactérie d'une autre espèce pour la reprogrammer. Il s'agit de s'exercer aux techniques, **l'objectif à court terme étant de reconstruire des bactéries possédant un génome minimal et qui pourront alors accomplir certaines tâches** comme la fabrication de médicaments, de matériaux, de produits chimiques, d'hydrogène ... et bien sûr produire de l'énergie.

**Mais cette deuxième étape n'est pas atteinte puisqu'un un grand nombre de gènes est impliqué, qu'ils interfèrent entre eux et que les processus cellulaires sont complexes et parfois inconnus.**

On voit donc que dans un premier temps on ferait des **OGM dont tout le génome est changé**. Cette méthode pourrait être appliquée aux plantes et aux animaux : OGM d'un nouveau genre.

Les industries intéressées sont les industries pétrolières et semencières ( production d'agrocarburants à partir de cellulose ) mais aussi les laboratoires pharmaceutiques, l'industrie chimique...

**D'autres pistes de recherche sont suivies :**

- machineries vivantes de production ( pas forcément des bactéries )
- assemblage de nouveaux ADN c'est à dire avec des nucléotides nouveaux n'existant pas dans la nature;
- construction d'un nouveau code génétique ( système de correspondance entre l'ordre des nucléotides du gène et l'ordre des acides aminés dans les protéines )

- **Législation :** aucune à ce jour mais les organismes produits sont des OGM et donc soumis aux mêmes procédures d'autorisation de mise sur le marché.

Vus les problèmes éthiques qui se posent , une réglementation internationale s'avèrera indispensable.

Or, comment envisager un contrôle sur des molécules ou des constructions n'existant pas dans la nature ?

- **Problématiques :** Pour le moment, les impacts sanitaires, environnementaux, sociaux économiques sont ceux rencontrés pour les OGM mais les **problèmes d'ordre éthique** sont très importants.

- en 2002 et 2005, des équipes américaines ont reconstruit des virus éradiqués ( polio, grippe espagnole) en synthétisant leur ADN à partir de séquences stockées. Que se passerait-il si ces virus étaient entre des mains mal intentionnées ? Comment de tels travaux peuvent-ils avoir lieu ?

Un document public de 2003 de la CIA, habituellement peu craintive, expose les risques de telles pratiques : «La même science qui peut permettre de guérir les pires maladies pourrait être utilisée pour créer les armes les plus effrayantes que le monde ait connues ».

- plus **fondamentalement**, deux frontières éthiques sont franchies avec la vie synthétique :
  - . assimilation des êtres vivants à des machines,
  - . l'homme peut être créateur d'êtres vivants et se substituer à la nature.

**Cette approche réductionniste du vivant ignore le fait que la coévolution des organismes avec leur environnement est à la base de l'évolution des espèces depuis les premières cellules jusqu'à maintenant. Ces travaux remettent ainsi en question notre rapport aux autres espèces et au monde.**

## 2ème partie : l'humain et les nouvelles technologies

Alors que la biologie était une science d'observation et d'expérimentation, elle fonde aujourd'hui une ingénierie du vivant qui modifie notre rapport au monde et nous questionne sur notre propre humanité.

**Daniela Cerqui** nous explique son choix d'étude en anthropologie: non pas dans les sociétés primitives mais dans la société moderne: **pourquoi on crée de nouvelles technologies ? Quelle vision implicite de l'être humain , de la société existe-t-il en amont de ces recherches ?**

Quand on parle des nouvelles technologies ( toutes ne sont pas nouvelles ) et de leur relation avec l'humanité, on en parle toujours en terme d'impact ( conséquences ) or ce n'est qu'une partie du problème que les technologies mettent en relief.

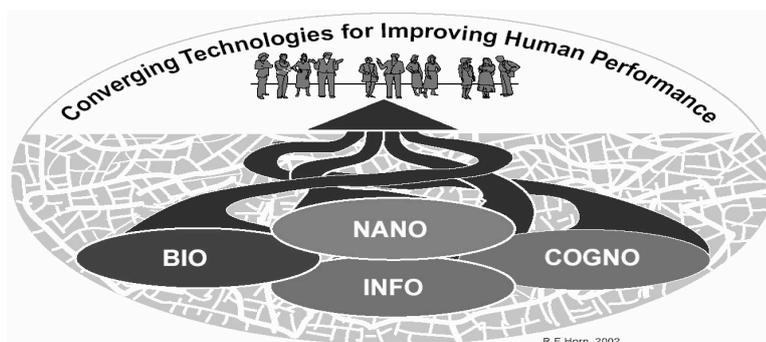
L'autre partie pose la question de savoir quelles valeurs s'expriment dans la technologie . C'est ce que recherche Daniela Cerqui.

### 1 - Les technologies convergentes

Il existe un rapport américain paru en 2002 appelé **rapport NBIC** commandité par la NSF ( national science foundation ) et le DOF ( département of commerce ). Il est édité par Mihail C. Roco, coordinateur de l'initiative américaine en matière de nanotechnologies et de William S. Bainbridge, sociologue des religions.

Ce rapport dresse un panorama complet de l'état d'avancement de 4 technologies : nanotechnologies, biotechnologies, des technologies de l'information et des sciences cognitives.

Ce rapport s'intéresse à la convergence de ces 4 disciplines dans le but affiché **d'augmenter les capacités humaines**, les capacités d'apprentissage et de défense, ce que veut traduire ce schéma présent dans le rapport:



*Remarque* : les sciences cognitives visent à comprendre le fonctionnement du cerveau humain et dans ce cas à le décrypter complètement en vue d'améliorer son fonctionnement.

« Ces technologies en convergence vont permettre l'unification des sciences et des techniques, le bien-être matériel et spirituel universel, l'interaction pacifique et mutuellement avantageuse entre les humains et les machines intelligentes, la disparition complète des obstacles à la communication généralisée, en particulier ceux qui résultent de la diversité des langues, l'accès à des sources d'énergie inépuisables, la fin des soucis liés à la dégradation de l'environnement » peut-on lire dans ce rapport.

D. Cerqui note la **place particulière des nanotechnologies** dans cet ensemble: elles se définissent par une échelle , elles ne sont pas un objet scientifique en lui même, elles sont plutôt un dénominateur commun des autres domaines technologiques. Ainsi, elles ne devraient pas figurer sur le même plan que les autres technologies.

*Remarque* : on peut rapprocher le rapport NBIC américain de la notion de BANG pour d'autres pays.

Dans ce rapport, nous nous intéresserons à la **redéfinition de l'humain** à l'aune des nouvelles technologies. Ce qui conduit à dessiner la **société future** telles que l'envisage les chercheurs de ces domaines et à **nous poser les questions** liées au transhumanisme.

## 2 - Modifier l'humain : les étapes et pourquoi

A l'apparition de la modernité, on prétend sortir de l'obscurantisme religieux pour s'orienter vers le progrès, grâce à la science et à la technique. Une croyance, la foi en une puissance extérieure est remplacée par la croyance en notre propre pouvoir. Parallèlement, la conception du corps change: ce dernier n'est plus perçu dans sa globalité mais dans sa mécanique .

**Qu'en est-il de nos jours dans les laboratoires s'intéressant aux NBIC ?**

**1ère étape** : on « décortique », on analyse le vivant, surtout l'homme. Le but poursuivi est de faire que tout soit **maîtrisable**, y compris notre cerveau. Ainsi, comme le génome qui peut être de nos jours « cartographié » ( techniques du génie génétique ), on pense que l'on pourra « cartographier » notre cerveau, notamment grâce aux nanotechnologies et à partir de cela décoder nos pensées grâce aux techniques de l'information ! En faisant abstraction de tout ce qui n'est pas rationnel comme nos émotions . **Le corps est pensé comme une machine.**

**2ème étape** : pour les chercheurs, au travers du génome décodé, du cerveau décodé on va comprendre l'humain et on pourra **créer l'homme nouveau c'est à dire l'homme machinisé** dont on pourra augmenter les performances car selon leur idée nous sommes imparfaits et avons besoin de prothèses pour **nous améliorer**. Leur réflexion se poursuit ainsi : **on reproduira l'homme en mieux au niveau des capacités cognitives, de la santé, de la vie en groupe, de l'éducation donc de la nation.**

A terme, l'idée est de créer des robots qui s'auto-organisent ( à partir d'une chimie de base) comme chez l'homme !

**3ème étape** : pour cette « amélioration » programmée, l'**implantation** de micro-machines ( nano-machines ? ) ou puces semble être le passage obligé.

D. Cerqui a suivi de près les travaux du professeur Kevin Warwick, chercheur en **cybernétique** en Grande Bretagne ( cybernétique : sciences des systèmes autorégulés, qui s'intéresse aux relations entre les différents composants de ces systèmes mais pas aux composants eux mêmes ).

Dans un 1er temps, le professeur s'est fait implanter une puce dans l'avant-bras lui permettant de donner des informations à un ordinateur : le flux d'informations est unidirectionnel : du cerveau à la puce à l'ordinateur.

Dans un 2ème temps, il s'est fait implanter une puce dans le nerf médian ( nerf du bras, permettant de saisir ) avec laquelle il peut faire bouger une main robotique : le flux d'informations est bidirectionnel : de son cerveau à la puce à l'ordinateur et de l'ordinateur au robot : il y **échange d'informations entre cerveau et machine.**

L'épouse de K. Warwick s'est fait implanter une électrode dans l'avant bras et reçoit des impulsions nerveuses que lui envoie son mari : il a **communication de cerveau à cerveau via la machine.**

K. Warwick fait aussi bouger la main robotique via internet c'est à dire à distance : **ébauche de fusion entre le réseau d'informations et le système nerveux humain.**

A terme, Warwick souhaite développer la communication par la pensée, sans corps ni langage. Dans cette logique, le prochain implant se fera dans le cerveau.

## 3 - Modifier l'humain : les problèmes qui se posent

Voici quelques problématiques soulevées par D. Cerqui.

- Le vivant en général, l'homme en particulier n'est pas la somme de ses parties ( réductionnisme du vivant déjà vu dans la 1ère partie) mais n'est pas non plus la somme des interactions entre ses parties : il y a une **globalité de l'être** qui y échappe: héritage de l'histoire, éducation, environnement ...

Le fonctionnement des gènes, du cerveau se limite-t-il à ce que les machines nous permettent de « voir » ?

Que dire de tout ce qui n'est pas rationnel comme nos émotions ?

- La médecine justifie en premier lieu les recherches en NBIC: ex : implantation d'un coeur artificiel pour remplacer un coeur défaillant. Mais petit à petit, des personnes ayant un problème cardiaque secondaire seront visées, un besoin sera créé et delà à implanter un coeur artificiel **amélioré** il n'y a qu'un pas. Ce **glissement du thérapeutique à l'amélioration** posent des problèmes **sociétaux** : accès aux plus riches pas aux autres, dans quelle société vivrons ces personnes améliorées? ... des problèmes **philosophiques**: à partir de quand une personne qui a des organes améliorés restera-t-elle elle-même? (cela peut paraître ridicule mais les implants pour être plus beau, plus conforme ont déjà commencé ).

Les chercheurs ont une réponse à cette question : ils estiment que c'est le cerveau qui est le siège de notre personnalité d'où bien sur les recherches en sciences cognitives de cerveau à cerveau effaçant le reste du corps mais via les techniques de communication informatique.

Le danger de ce glissement est bien réel car **les esprits sont déjà prêts**. Quelques signes : nous vivons de béquilles intellectuelles : calculatrices, portables , internet, cartes à puces... n'est-ce pas un premier pas? Avec le diagnostic prénatal, les parents acceptant la naissance d'un enfant trisomique sont incompris par la majorité de la population, voire rejetés... La **normalisation s'installe à notre insu**. Comment accepter alors d'être moins bon ?

- **Les chercheurs en NBIC présentent leur projet d'amélioration comme altruiste**: l'amélioration de toutes les techniques vise le bien être collectif par augmentation des performances de l'individu donc de sa productivité donc de celle de la société. **Problème : en temps que personne nous ne nous vivons pas comme un élément de rouage dans ce système**, autrement dit nous voulons vivre pour autre chose que travailler et être productif. Les défenseurs du cyborg ( organisme artificiel autorégulé ) prétendent même qu'en cas de fusion machine-humain nous deviendrions plus humains par augmentation de notre rationalité et pour certains chercheurs par perte de nos émotions !

- **Ne sommes nous pas en train de transformer l'espèce humaine** issue de l'évolution en une espèce augmentée par la machine ? de passer de l'humanisme au transhumanisme ?

- Quelques mots sur les personnes n'ayant pas accès à ces technologies, soit parce qu'ils ne le peuvent pas, soit parce qu'ils ne le veulent pas : pour K. Warwick , les personnes non implantées seront laissées pour compte ! Ainsi se profile un **eugénisme** d'un genre nouveau.

Pour D. Cerqui, il existe une autre alternative entre être pucé ou pas, **une troisième voie qui consiste en premier à alerter la société sur ces problèmes et à l'amener à débattre**.

*Sources :*

*Pour la première partie, j'ai appuyé le propos de l'intervenant par:*

- des articles parus sur le site Inf'OGM*
- des lectures d'un fascicule qui s'appelle BANG produit par l'association BEDE ( Biodiversité: Echange et Diffusion d'Expériences )*

*Pour la deuxième partie, je me suis servie de mes notes et d'interview ou extraits de colloques de Daniela Cerqui et j'ai utilisé quelques pages du rapport NBIC.*