

## Les conférences d'AGORA

---

Vendredi 16 février 2007

**Claude DEBRU :**  
***Faut-il avoir peur des biotechnologies ?***

[D'après les notes prises par Huguette Déchamp et Serge Tziboulsky]

---

<b>Observations préliminaires</b>
-----------------------------------

- 1- Nous vivons une époque de **grandes interrogations** à propos de l'environnement, de l'énergie, de la biodiversité, du climat, de la population, de l'agriculture et des biotechnologies. Ces interrogations sont reliées entre elles. De **grands changements** sont en cours : aujourd'hui est très différent d'hier, mais demain sera très différent d'aujourd'hui. Nous nous **préparerons** à ces changements, dont nous sommes à la fois les agents et les « objets », en explorant les voies de la confiance et de la réussite de l'action.
- 2- La vision d'un **progrès infini** a porté l'humanité depuis la révolution scientifique du 17<sup>ème</sup> siècle, caractérisée, selon Alexandre Koyré, par le passage *Du monde clos à l'univers infini* (titre de son célèbre ouvrage). L'univers étant infini, le progrès le serait aussi (progrès des lumières au 18<sup>ème</sup> siècle, progrès scientifique et technique au 19<sup>ème</sup> siècle). Or aujourd'hui ce progrès se heurte à des **limites** liées aux contraintes naturelles. Nous ne sommes plus les « *maîtres et possesseurs* » de la nature, sauf à en payer le prix : l'acceptation de la **finitude**. La réflexion philosophique est donc plus que jamais nécessaire, à la fois comme guide de vie et comme réflexion nécessaire à l'action.
- 3- Les **biotechnologies** (désormais notées BT) sont **nécessaires**. Les questions de l'évolution technologique de l'humanité, de la population, de l'énergie, etc. étant indissociables, il faut s'appuyer sur des données sérieuses. Par exemple, en ce qui concerne l'évolution démographique, en 2050 il y aura 13 milliards d'êtres humains sur terre, les deux tiers de plus qu'aujourd'hui, sauf si l'accroissement général du niveau de vie ne ramène la population mondiale aux alentours de 9 milliards. Or l'agriculture actuelle ne pourra pas nourrir 9 milliards d'humains (la Chine, par exemple, réputée jusqu'ici autosuffisante, est devenue importatrice de produits agroalimentaires). Il faudra donc trouver des moyens techniques pour accroître les rendements agricoles, produire des variétés nouvelles, modifier les plantes, conquérir de nouvelles surfaces cultivables, etc... Rappelons que certaines plantes réputées naturelles, comme les carottes, sont en réalité totalement artificielles. Les hybrides forcés (par exemple blé/seigle) peuplent nos champs. Sélection et hybridation créent du nouveau. Les BT ne font que poursuivre le mouvement d'une manière plus spécifique. Aujourd'hui les progrès de la génétique et de la biologie moléculaire sont

sans aucun équivalent dans l'histoire des sciences. En matière alimentaire, notamment, on va vers un contrôle de plus en plus effectif de la qualité sanitaire. N'oublions pas que la nature n'est pas spontanément bonne pour l'homme ; d'où des efforts de recherche pour améliorer les plantes, ce que font les BT. Actuellement mise sur la sellette, les BT ne portent pas le mal par le seul fait que ce sont des technologies. La nature n'étant pas « parfaite », l'homme essaie depuis toujours de l'adapter à ses besoins.

## I. Bref historique des biotechnologies

**1-** Le terme de « *biotechnologie* » date du début du 20<sup>ème</sup> siècle et désigne d'abord les modifications des produits agricoles et le contrôle de ces modifications pour une qualité plus grande. A la fin du 19<sup>ème</sup> et au début du 20<sup>ème</sup> siècle se développent les industries de la fermentation (bière, vin, vinaigre..) et le contrôle de cette fermentation, dans la lignée des travaux de Pasteur. Le mot « *biotechnologie* » est inventé en **1917** en anglais par un brasseur d'origine allemande. En 1921 le terme apparaît en italien, en liaison avec l'industrie de la tannerie. Il faudra attendre **1978** et le rapport Gros-Jacob-Royer : *Sciences de la vie et Société*, commandé par le président Giscard d'Estaing, pour que le terme apparaisse en français : c'est dire l'étendue du retard de la France en la matière.

Mais déjà en **1697** le chimiste et médecin allemand Georg Ernst **Stahl** avait forgé le terme de *Zymotechnia* (« art des fermentations »). Il y a donc une grande continuité dans les BT. En 1910 à Chicago fut créé par le chimiste allemand émigré John Siebel un Collège Zymotechnique. Il change de nom en 1917 à cause de la Prohibition et devient le Bureau de Biotechnologie.

**2-** Dans l'**entre-deux-guerres** se développe une large réflexion philosophique sur les BT. Par exemple en Angleterre des biologistes comme John Burton, Sanderson Haldane, Joseph Needham, Lancelot Hogben ou Julian Huxley discutent ouvertement des perspectives offertes par l'ingénierie biologique pour la société, la démographie et l'organisation du travail. **Julian Huxley** soutient que la BT sera, à long terme, plus importante que l'ingénierie mécanique et chimique, plus sûre et plus en harmonie avec les besoins de l'homme que les industries classiques de la matière et de l'énergie. Aux yeux d'**Hogben** elle est une réponse « verte », à la fois socialiste et esthétique, aux problèmes engendrés par le système technologique en cours, tels que la pollution, certaines pathologies, le déclin démographique ou la difficulté de réguler les productions agricoles.

Après 1945 la BT apparaît, notamment à Leo Szilard, comme une technologie à promouvoir, face aux technologies atomiques.

**3-** Les BT ont concerné d'abord la *biochimie* avant la génétique : dès les années 30 on commence à penser qu'on pourrait modifier les génomes et Hermann Muller provoque des mutations - alors incontrôlées - par les rayons X. Quant à l'*eugénisme* - amélioration génétique des populations -, il apparaît au début du 20<sup>ème</sup> siècle en Angleterre avec un cousin de Darwin : Francis Galton.

Dans les **années 30** aux USA l'idée d'*ingénierie génétique* est formulée pour la première fois, au Massachusetts Institute of Technology, par des biochimistes. Pendant la Seconde Guerre Mondiale des chimistes, des microbiologistes, des pathologistes et des ingénieurs américains s'allient pour élaborer un programme de BT (financièrement le plus important après le projet Manhattan de fabrication de la bombe atomique), dont le but était de produire de la pénicilline en grande quantité. Ce programme a permis de sauver de nombreuses vies lors du Débarquement en Normandie.

4- En 1958, dans sa conférence Nobel, **Edward Tatum**, dans une vraie **vision futuriste**, envisage l'exercice d'un contrôle du fonctionnement génétique pour produire de meilleurs organismes ; il imagine qu'un jour le code génétique puisse être déchiffré : cela permettrait, dit-il, l'amélioration de tous les organismes vivants par ce que nous devrions appeler ingénierie biologique ; cela devrait, poursuit-il, se dérouler par étapes :

- la biosynthèse *in vitro* d'enzymes meilleures et plus efficaces,
- la biosynthèse des molécules correspondantes d'acide nucléique,
- l'introduction de ces molécules dans le génome des organismes par injection, par introduction de virus dans les cellules germinales ou par une espèce de transformation ;

Tatum envisage également que l'on puisse atteindre le même résultat par un processus comportant une mutation dirigée.

Or tout ce que Tatum avait prophétisé a été exploré et est, aujourd'hui, quasi totalement réalisé :

- la **thérapie génique**, qui est allée progressivement d'échecs en demi-succès et de demi-succès en succès ;
- la **mutagenèse dirigée** dans l'industrie (fabrication d'enzymes à propriétés modifiées).

Quand une découverte est faite, elle est immédiatement utilisée pour en faire d'autres. C'est ainsi que la biologie devient nécessairement biotechnologie. C'est un processus autocatalytique (= qui s'accélère lui-même).

5- Dans les **années 60** on découvre dans les cellules :

- les **enzymes de restriction**, capables de couper l'ADN. Cette découverte du chercheur bâlois **Werner Arber** s'inscrit dans le cadre de travaux sur les interactions entre virus et bactéries et sur les échanges de gènes ;
- la **transcriptase réverse**, enzyme responsable de l'inversion de la transcription ADN→ARN en transcription ARN→ADN, est découverte par **David Baltimore** et **Howard Temin**.

6- Est également mise en évidence **l'échange de gènes** entre espèces par des virus :

- en 1978 **Werner Arber** intitule son discours de réception du prix Nobel : *L'échange génétique* ;
- **Walter Gilbert** (Nobel lui aussi) opère une révolution médicale en fabriquant de l'*insuline* par insertion du gène de l'insuline humaine dans la bactérie *Escherichia coli*.

En 1972 **Paul Berg**, pour mieux comprendre le mécanisme du cancer chez les mammifères, crée une molécule d'ADN actif à partir d'un virus de singe contenant des gènes de bactériophage  $\lambda$  recombinés avec l'opéron lactose de la bactérie *Escherichia coli*. L'expérience de Berg marque les débuts de **l'ingénierie génétique**.

7- Or Berg décida d'interrompre son programme pour mieux en évaluer les risques pathogènes pour l'homme. D'où ce qu'on a appelé **le processus d'Asilomar**, localité de la Côte Ouest où se tinrent entre 1973 et 1975 deux conférences : en 1973 sur les risques liés

aux virus cancérogènes, et, surtout, en 1975, sur les risques de l'expérimentation sur l'ADN recombinant.

Entre 1973 et 1978 eurent lieu des épisodes complexes et éclatèrent de violentes **controverses** aux USA et en Europe. L'une de ces controverses opposa le physiologiste et prix Nobel George Wald, hostile aux technologies de recombinaison génétique, susceptibles, selon lui, d'entraîner des pathologies nouvelles et incontrôlables, à Walter Gilbert, David Baltimore et Paul Berg, qui considéraient que les risques étaient peu probables et qu'il fallait donc encourager la recherche. C'est ainsi que se mit en place la problématique « science et société ».

Lors de la conférence tenue à Asilomar en 1975 Berg soutint que les risques *hypothétiques* devaient être l'objet de mesures *moins strictes* que les risques *avérés* (argument douteux !..) et que la charge de la preuve incombait à ceux qui mettaient en avant ces risques hypothétiques. Mais la conférence décida que les risques hypothétiques devaient, au contraire, être l'objet de mesures *plus rigoureuses* que les risques avérés. Dès lors l'absence de risque devait être prouvée autant que le risque. Or dans les deux cas il n'y avait qu'un seul moyen de trancher : expérimenter le risque et, par conséquent, développer la recherche. La conférence de 75 aboutit à *interdire* certaines expériences et à *classer* les degrés de dangerosité, dont chacun était accompagné de *règles* spécifiques d'expérimentation ; d'où une classification des laboratoires de recherche, le niveau P4 correspondant à la sécurisation extrême (exemple : le labo P4 de l'Institut Mérieux de Lyon).

A la conférence d'Asilomar il y avait aussi des juristes et des médecins. D'où la définition de certaines règles, qui laissaient aux chercheurs la maîtrise de leur recherche, le National Institute of Health (équivalent américain de notre INSERM) fixant les directives en matière de recherche. Le but était d'éviter que le pouvoir politique ne se mêle de ces questions. Mais un certain nombre d'accidents entraînèrent dans les années 80 l'intervention du Législateur et la naissance de la **bioéthique** (le premier Comité National Consultatif d'Ethique au monde fut créé en France en **1983**, à l'initiative de François Mitterrand et du Professeur Jean Bernard).

**8- Actuellement** les BT se sont étendues à l'industrie (fabrication d'enzymes, par exemple), à l'agriculture (des millions d'hectares dans le monde sont cultivés en OGM) et à la santé (fabrication d'insuline, etc.. ; thérapie génique : en 2000 furent traités en France des enfants bulles ; la moitié fut guérie, l'autre contracta une leucémie, guérie par les moyens conventionnels ; mais un enfant mourut).

Une **remarque générale** : il y a **continuité entre la nature et les BT**. Celles-ci sont une extension de processus biologiques existants. Elles ne sont ni une anti-nature, ni une contre-nature, mais une nature un peu différente. A cet égard deux ouvrages de **François Jacob** sont à considérer :

- *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité* (Gallimard, 1970)
- *Le jeu des possibles. Essai sur la diversité du vivant* (Fayard, 1981).

Dans ces deux ouvrages François Jacob avance notamment l'idée d'une continuité entre nature et BT, le *bricolage biotechnologique* prolongeant le *bricolage évolutif*. En effet la matière vivante est plastique et modifiable, la stabilité de la vie contrastant paradoxalement avec la modifiabilité des organismes vivants. Or cette plasticité heurte les catégories de base de notre psychisme : nous nous accrochons à l'état présent de la nature, favorable à l'expansion humaine. Mais la nature change et notre psychisme a du mal à l'admettre (cf par exemple la résistance du créationnisme à l'évolutionnisme).

## II. Considérations sur l'évolution de la biosphère

La civilisation humaine, qui a déjà beaucoup changé, va nécessairement devoir changer pour survivre et les BT vont contribuer à la croissance de l'espèce. L'expansion de la civilisation humaine est confrontée à des limites concernant l'eau, l'énergie, la température, les climats, - limites qu'elle doit comprendre pour s'adapter. Le sujet principal aujourd'hui, c'est la biosphère et la place de la sphère humaine en son sein.

Le point de vue le plus général est celui de la production et de l'utilisation de l'énergie, de l'eau et de la biodiversité :

### 1- l'énergie :

Tous les vivants prennent dans l'environnement des composés riches en énergie et lui restituent des composés énergétiquement pauvres. Or l'évolution biologique a développé des mécanismes de régulation pour protéger la survie ; par exemple : la régulation thermique chez les animaux homéothermes (à température constante), comme les oiseaux et les mammifères. Et l'homme a créé des abris, maîtrisé le feu, construit des habitations, fabriqué des habits, etc..

Or l'espèce humaine, cherchant à se développer au maximum, est tentée d'affronter des climats qui lui sont peu adaptés. Depuis trois siècles les besoins en énergie sont de plus en plus grands et les systèmes techniques se sont considérablement modifiés ; les flux d'énergie utilisés se sont énormément accrus, nettement plus vite que la population ; parallèlement la quantité d'énergie employée à des fins guerrières a aussi constamment augmenté. Depuis cinquante ans les conséquences de ce phénomène sont de plus en plus sensibles. Actuellement les discussions ne portent pas tant, par exemple, sur la réalité du réchauffement climatique que sur la marge d'erreur dans les prévisions à long terme concernant la température sur la planète.

### 2- l'eau :

C'est une ressource **limitée** (c'est toujours la même eau qui est recyclée). Elle constitue une très mince pellicule à la surface du globe. Elle est un facteur limitant de l'expansion humaine (l'agriculture a besoin d'eau). Si nous sommes 9 milliards en 2050, il va falloir conquérir sur la forêt de nouvelles surfaces cultivables, développer l'irrigation et les BT. Non seulement la civilisation humaine va changer, mais les paysages aussi. D'où un nouveau rôle pour l'écologie : déceler les lois des écosystèmes et aménager des paysages durables.

### 3- la biodiversité :

C'est un terme récent, qui désigne le dénombrement des espèces depuis les origines. Le passé a connu des périodes d'extinction massive d'espèces vivantes. Aujourd'hui c'est aussi le cas, du fait de l'homme.

Or l'homme ne connaît pas aujourd'hui la biodiversité qui soutient l'expansion de son espèce : nous ignorons, par exemple, ce qui se passe dans les sols ; or ce qui s'y passe règle les cycles biochimiques dont nous dépendons. Peut-on compenser cela en produisant de la biodiversité ?

## Conclusion

### 1- Il y a une **discordance entre l'action et la prévision** .

L'action s'élargit plus vite que la prévision. Notre champ de perception est insuffisant pour nous permettre de nous projeter loin dans l'avenir. Cette discordance est encore aggravée par une volonté de puissance illimitée et incontrôlée. L'action est plutôt impulsive et les corrections viennent toujours après coup. D'où un *déphasage* dans l'action entre le *but* – l'expansion de l'être – et la *perception des effets* secondaires que sa poursuite entraîne.

### 2- **Y a-t-il vraiment plusieurs options possibles ?**

Aujourd'hui le thème de la décroissance – qui a fit scandale lorsqu'en 1970 le Club de Rome parla de croissance zéro – n'est plus tabou. Y a-t-il vraiment plusieurs options possibles ? Les problèmes auxquels nous sommes confrontés sont immenses et liés les uns aux autres. N'en maîtrisant pas les paramètres nous en sommes réduits à nos préférences philosophiques : rationalisme ou pragmatisme ? Optimisme ou pessimisme ?

- pour l'*optimisme* il y a une seule voie, la bonne ;
- pour le *pessimisme* il n'y a pas de solution ;
- pour le *rationalisme*, il y en a plusieurs ;
- pour le *pragmatisme* il y a probablement plusieurs solutions à un même problème ; quand un côté de la probabilité confère une présomption suffisante, alors il faut agir. Le pragmatisme prend son parti d'une certaine myopie dans la perception.

Le véritable problème philosophique consiste à **faire évoluer nos idées** en jouant sur la perfectibilité de l'homme pour lui permettre de survivre.

---

### **La discussion a permis à Claude Debru de préciser sa pensée sur quelques points :**

- 1- Le progrès est à la fois inné et acquis. Tout réside dans le cerveau humain : c'est une structure qui n'est pas figée. Ce qui est inné, c'est le cerveau ; ce qui est acquis, c'est le développement des capacités du cerveau.
- 2- La vie porte en elle une poussée illimitée. L'évolution humaine est portée par une aspiration à toujours plus de vie. Les civilisations humaines sont très diverses et sont autant de visions différentes de la mienne, et précieuses à ce titre.
- 3- On apprend par essais et erreurs. Pour toute activité collective la **confiance** est nécessaire. Sans confiance aucune relation humaine ne peut exister. Or la société française a développé une tendance à se défier plus qu'à faire confiance ; nous sommes très doués pour la critique et pour le scepticisme. Nous devons cultiver la confiance autant que la précaution. La peur devant un danger réel conduit à la précaution ; mais, livrée à elle-même, la peur paralyse, elle trouble le jugement et désorganise l'action.

- 4- La dépendance à l'égard des BT pourrait-elle se substituer à la dépendance envers le pétrole ? Les BT ont suscité des questions et un débat. Elles sont et seront l'objet d'un **contrôle** plus considérable que toutes les autres technologies existantes (cf le contrôle de la sécurité sanitaire des aliments, par exemple).
  
  - 5- A propos des **OGM**. Des expériences ont montré que des rats nourris avec des OGM fabriqués pour être protégés des insectes développaient des troubles physiologiques. Mais les **faits** sont une chose et leur **interprétation** en est une autre. C'est donc une question d'experts. Il y a de grands avantages à attendre des OGM. Les aliments existants ne sont d'ailleurs pas dépourvus de toxicité ; si on veut éliminer cette toxicité, il faudra bien modifier génétiquement les organismes qui entrent dans leur composition. On n'échappera pas aux BT.
-