

Blanc-Lapierre
Blasi
Cabibbo
Durand
Germain
Kahn
Léna
Ourisson
Sánchez Sorondo

LES ENJEUX DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE

pour l'homme d'aujourd'hui



ACADÉMIE PONTIFICALE DES SCIENCES
CENTRE CULTUREL SAINT-LOUIS DE FRANCE

Cité du Vatican 2001



LES ENJEUX DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE
pour l'homme d'aujourd'hui

LES ENJEUX DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE

pour l'homme d'aujourd'hui



ACADÉMIE PONTIFICALE DES SCIENCES



**AMBASSADE DE FRANCE PRÈS LE SAINT-SIÈGE
CENTRE CULTUREL SAINT-LOUIS DE FRANCE**

Cité du Vatican 2001

IN COPERTINA:

Nicola Nastro, *Creazione* (1998), cm 50x70, tecnica mista su tela.
(Per gentile concessione dell'autore)

ISBN 88-7761-079-4

© Copyright 2001

PONTIFICIA ACADEMIA SCIENTIARVM

Cité du Vatican

Sommaire

Prefazione <i>Les enjeux de la connaissance scientifique</i> Jean-Dominique Durand	7
Introduzione Marcelo Sánchez Sorondo	11
<i>Scienza e società – La responsabilità dello scienziato</i> Nicola Cabibbo	18
<i>La responsabilité des scientifiques dans le domaine de l'éducation</i> Pierre Léna	15
<i>La conoscenza scientifica e l'uomo: la ricomposizione dell'unità del sapere</i> Paolo Blasi.....	37
<i>Expertise et démocratie</i> Paul Germain	47

<i>L'homme face au développement de la connaissance scientifique et de ses applications: risque, précaution, décision, responsabilité</i>	
André Blanc-Lapierre	58
<i>Progrès, sciences de la vie et humanisme</i>	
Axel Kahn	80
<i>Un enjeu scientifique pour le XXI^{ème} siècle: Genèse 1, 11-23</i>	
Guy Ourisson	91

Prefazione

LES ENJEUX DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE

JEAN-DOMINIQUE DURAND

Dans sa programmation culturelle de l'année du Grand Jubilé de l'an 2000, le Centre Saint-Louis de France, Centre culturel de l'Ambassade de France près le Saint-Siège, a voulu organiser une série de dix colloques visant pour les uns à faire le point, au moins partiellement, sur «La France et 2000 ans de christianisme», c'est à dire sur les apports de la France au christianisme au cours de l'histoire, et pour les autres, à affronter quelques uns des grands défis de notre temps. Parmi ces diverses rencontres, au cours desquelles ont été abordés successivement les problèmes posés aux sociétés contemporaines par les médias et par les nouveaux moyens de communication, les questions liées à la culture et à l'éducation, la crise du politique dans nos vieilles démocraties européennes, il était indispensable de s'arrêter sur les enjeux de la connaissance scientifique pour l'homme d'aujourd'hui. Un colloque a rassemblé des savants français et italiens sous la double égide du Centre culturel Saint-Louis de France et de la Pontificia Accademia delle Scienze, les 4 et 5 mai 2000, une quinzaine de jours avant que le Jubilé des

hommes de science ne reprit, du 23 au 25 mai, des thèmes semblables dans la suite de l'encyclique *Fides et Ratio*.

Alors qu'un nouveau siècle pointait, il était important de s'interroger sur l'état et la notion même du progrès scientifique, à l'issue d'un siècle au cours duquel ces progrès ont fait des avancées inimaginables pour les générations précédentes. L'histoire du XX^e siècle qui prend ses racines dans un véritable culte de la science et du progrès technique dont rend bien compte à la fin du XIX^e siècle, un grand roman d'Emile Zola, *Le Docteur Pascal*, véritable hymne à la science, et qui s'achève sur les ultimes découvertes concernant le génome humain, a bien été en bonne part, le siècle de la science, pour le bonheur, mais aussi, pour le malheur de l'humanité. Nul ne croit plus aujourd'hui, que le développement technique et scientifique apporte une progression continue du bonheur et de la prospérité: le fer et le feu portés par la recherche de la puissance et par les idéologies, se sont trop souvent abattus sur les peuples pour ne pas inviter la communauté scientifique à la prudence, à la modestie, à la nécessaire interrogation sur jusqu'où aller dans la recherche, pour que le savant ne se transforme pas en un nouveau démiurge qui réduirait l'homme, ce «mystère métaphysique» selon Jacques Maritain, à une marchandise d'expérimentation.

La science fascine, mais effraie aussi. Quel avenir réservent les recherches sur le clonage, les organismes génétiquement modifiés, les avancées scientifiques et technologiques, dont les conséquences sur les sociétés comme sur les comportements individuels restent difficiles à mesurer? Les enjeux éthiques sont devenus des enjeux à dimension mondiale. Divers Etats ont créé des comités d'éthique, et commencent à élaborer des législations, mais c'est bien à une prise de conscience universelle qu'appellent certains savants. La science, particulièrement en certains de ses champs d'investigation très sensibles, comme la génétique, peut être la proie d'idéologies, comme celle du marché. C'est précisément à propos de la génétique que Axel Kahn disait récemment dans une conférence donnée en France dans le cadre de la Mission 2000 au titre de «l'Université de tous les savoirs»: «*Les enjeux éthiques de ces avancées scientifiques découlent à la fois du caractère sensible de*

la génétique, proie idéale pour toutes les idéologies de la stigmatisation, et de l'ampleur des connaissances et outils nouveaux engendrés», et il dénonçait le risque de «*négarion de la spécificité de l'humain*». Car c'est bien la tentation de modeler l'homme idéal, ou parfait, qui peut saisir aujourd'hui l'humanité, ce qui représenterait la victoire posthume de Hitler et de l'idéologie nazie.

C'est pourquoi notre colloque se devait, après l'introduction scientifique de Mgr Marcelo Sánchez Sorondo, Chancelier de la Pontificia Accademia delle Scienze, de rappeler la responsabilité sociale de l'homme de science, ce qu'a fait le Professeur Nicola Cabibbo, Professeur à l'Université de Roma La Sapienza et Président de l'Accademia; cette responsabilité est particulièrement aiguë dans le domaine de l'éducation, éducation à la raison, à l'équilibre, à la vérité, et surtout au partage comme le montre le Professeur Pierre Léna, astrophysicien, membre de l'Académie des Sciences.

Une telle responsabilité face à l'avenir dérive de la place que l'on assigne à l'être humain dans la recherche scientifique à travers la recomposition de l'unité du savoir selon le Professeur Paolo Blasi, physicien et Recteur de l'Université de Florence, comme à travers les préoccupations humanistes du généticien Axel Kahn, Directeur de recherches à l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) de Paris, qui est revenu au cours de son intervention, sur «une grande inquiétude éthique»: «l'Homme peut-il n'être qu'un moyen sans être toujours également sa propre fin?». C'est précisément pour que l'homme reste au cœur des entreprises de recherche, et la fin ultime de toute découverte, que André Blanc-Lapierre, membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie pontificale, et Paul Germain, lui aussi membre des deux académies, française et romaine, insistent sur les notions de précaution, de responsabilité, d'expertise, comme fondements de la démocratie, établissant ainsi un lien fort entre la recherche scientifique et ses conséquences sociales.

Enfin, Guy Ourisson, Professeur à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, et Président de l'Académie des Sciences, en conclusion, a présenté l'état des recherches dans «un domaine qui reste

mystérieux: la compréhension des mécanismes moléculaires qui ont pu être mis en jeu lors de l'apparition de la vie sur la Terre, c'est à dire l'interprétation moléculaire de *Genèse* 1, 11-23». Des découvertes récentes permettent d'avancer sur la voie d'une telle compréhension, mais le Professeur Ourisson a voulu rappeler, dans un entretien donné au quotidien *Avvenire*, le 4 mai, la nécessaire humilité de l'homme de science: «Ci vuole molta umiltà. Si tratta di ricostruire processi che datano da quattro miliardi di anni, e i più vecchi fossili molecolari che si conoscono hanno tre miliardi di anni. C'è almeno un miliardo di anni del quale non si sa assolutamente nulla. E non abbiamo alcuna informazione diretta, paleontologica, al riguardo».

Ce colloque a permis l'approfondissement d'une féconde et confiante collaboration entre le Centre culturel Saint-Louis de France et la Pontificia Accademia delle Scienze, l'une des institutions pontificales les plus prestigieuses, et la rencontre de savants français et italiens d'horizons très divers. Je tiens à remercier chaleureusement Mgr Marcelo Sánchez Sorondo, Chancelier de l'Académie pontificale et son Président, le Professeur Nicola Cabibbo, qui ont voulu poursuivre cette collaboration à travers la publication des Actes du colloque et l'organisation d'autres manifestations communes à venir. Que soit remerciée également Madame Janot-Giorgetti, Conseiller scientifique de l'Ambassade de France en Italie, dont l'aide patiente et efficace a été déterminante pour la mise en place de cette rencontre.

Introduzione

MARCELO SÁNCHEZ SORONDO

Desidero innanzi tutto ringraziare vivamente l'Ambasciatore di Francia presso la Santa Sede, S.E.M. Jean Guéguinou, come anche il delegato culturale Prof. Jean-Dominique Durand e la Prof.ssa Marie-Thérèse Janot-Giorgetti per aver voluto organizzare, insieme alla Pontificia Accademia delle Scienze, queste significative giornate di riflessione su di un tema che ci sta tanto a cuore in quanto semplicemente uomini. Tema quindi che oggi è non solo di grande importanza ma anche di grande attualità. Ringrazio anche il Presidente Prof. Nicola Cabibbo come pure gli Accademici Paul Germain e André Joseph Blanc-Lapierre che hanno voluto partecipare coi loro importanti contributi.

Il mio compito è qui di fare un'*Introduzione* ai lavori. Quindi di mostrare la problematica profonda che l'argomento delle sfide della conoscenza scientifica presenta per l'uomo contemporaneo. Ben si può dire che la condizione umana dell'uomo di oggi in questa epoca della scienza, dopo la rivoluzione galileiana e le ulteriori rivoluzioni, è giustamente una condizione scientifica, così come la condizione umana dell'uomo greco era (dopo la nascita della filosofia) una condizione filosofica. Questo vuol dire che non solo la scienza e la tecnica hanno rivoluzionato il nostro modo di vivere e la stessa visione del mondo fisico, biologico e in certo senso antropologico,

ma con esse anche il vettore che indica i movimenti profondi dello spirito ha cambiato direzione. Non si procede più dalla *physis* all'uomo come nell'antichità, né dall'ente creato al Creatore e da Dio all'uomo come nell'evo cristiano, ma dall'uomo all'uomo nell'orizzonte della scienza. Oggi sembra, spec. nell'area geografica atlantica occidentale erede della grande civiltà greco-romana, che quasi tutto e ovunque – nell'arte, nella letteratura, perfino nella religione in parte (per non parlare dei mass media!) – graviti attorno all'uomo e all'uomo secondo il modello che ci describe la scienza e per suo tramite la tecnica. Le cosiddette scienze empiriche stanno invadendo con impeto sempre più forte l'intero spazio della coscienza e in parte pretendono di esaurire le possibilità di esplorare in vivo, al di qua di ogni mediazione concettuale che non sia della scienza verificabile, il senso che ha l'uomo per l'uomo nella duplice apertura: che cosa è l'essere umano nel mondo che trova come natura e che cosa è l'uomo nel mondo che realizza come storia?

Eppure allo stesso tempo i pensatori essenziali hanno un messaggio originario che, benché inverificabili secondo il metodo della scienza sperimentale, il tempo con la sua natura corrosiva non riesce a cancellare. La scoperta del principio cioè dell'arché dei presocratici, dell'atomo di Democrito, dell'intelletto ordinatore di Anassagora, così come la nozione di fine ultimo di Aristotele... sono messaggi che non passano. Altrettanto si può dire delle nozioni bibliche della creazione dal nulla (*Gn* 1,1), della creazione dell'uomo a immagine di Dio (*Gn* 1,26). Tali idee sono cardini della salvezza, sono i messaggi di ieri come di oggi e di sempre, perché essi si innestano ogni volta nell'interrogativo essenziale che l'uomo – al dir di Aristotele – si pone sempre, ieri come ora e ad ogni momento della sua storia. E nel succedersi degli eventi che il tempo disperde nell'oblio, l'uomo può riconoscere se stesso in questi messaggi sopra-temporali, meta-fisici o religiosi, che sono quelli della sapienza o dell'«unica scienza libera»,¹ quindi liberante.

Dunque quello che c'interessa di rilevare subito in questa *Introduzione*, non sono tanto le questioni specifiche che la scienza

¹ μόνη ἐλευθέρα τῶν ἐπιστημῶν (Aristotele, *Metaph.*, I, 2, 982 b 27).

presenta all'uomo contemporaneo, alla quale attendono ampiamente le relazioni che seguono. Ci interessa anzitutto e soprattutto chiarire che i messaggi dei pensatori creativi, come pure quelli rivelati della Bibbia, non si esauriscono nella necessaria situazione storica che le vide nascere. Essi, per dirla con una metafora ormai corrente, sorgono per un 'salto qualitativo' o un 'balzo in avanti', un vero superamento che è un progredire conservando. Si vuol dire che ognuno di tali messaggi – principio e finalità, creazione dal nulla, l'uomo immagine di Dio e via dicendo – resta come punto di riferimento dell'essere umano nell'arco della sua storia singolare e collettiva, anzi costituisce il diverso configurarsi della stessa storia dell'uomo, così che il corso del tempo che corrode, lungi dal perderli nell'oblio, ne dovrebbe intensificare le potenzialità. È questa ricerca di fusione di orizzonti veritieri – e non tanto le contrapposizioni epistemologiche – che costituisce il cammino essenziale del pensiero immanente alla storia umana, perché esso cresce di vitalità e si illumina di speranza col passare delle vicende del tempo erosivo, in una forma, per così dire, d'interiorizzazione ontologica di tipo aristotelico, ossia come «crescita del soggetto in se stesso e nella propria entelechia». ² In verità, se non si potessero risvegliare tali potenzialità, liberare queste risorse sapienziali, che più volte il processo stesso di sistematizzazione, di scolarizzazione e di storicizzazione, tende a soffocare e a mascherare, non sarebbe possibile nessuna innovazione, nessuna speranza, e il pensiero presente non avrebbe altra scelta che fra la ripetizione e l'erranza. ³

Forse oggi può essere utile riprendere la distinzione leibniziana ⁴ tra le proposizioni fattuali e le proposizioni eidetiche o di

² *De Anima*, II, 4, 417 b 6s.

³ Cfr. P. Ricoeur, *Sé come un altro*, Milano, 1993, p. 411.

⁴ Già Leibniz nella *Logica* distingue la verità in due tipi: le verità di ragione, cioè le proposizioni la cui negazione è contraddittoria, le quali per tanto oltre che vere, sono anche necessarie, per esempio «la somma degli angoli del triangolo è uguale a due angoli retti»; e le verità di fatto, cioè le proposizioni vere la cui negazione non è contraddittoria, le quali pertanto, pur essendo vere non sono necessarie, per esempio «Alessandro il Grande sconfisse Dario» (*Scritti di logica*, Bologna, 1973, pp. 154 ss.).

senso, che il carattere contingente dell'avventura che siamo chiamati a vivere nel mondo condizionato dalla scienza, ha fatto sviluppare alla teologia liberale del secolo XIX. Una nuova consapevolezza epistemologica gli è fornita dalla separazione tra il senso eidetico-simbolico delle preposizioni filosofico-scritturali, in cui si esprime l'assolutezza e la sacralità delle azioni di Dio, tali come la creazione, la Resurrezione del Figlio, il *Regnum venturum* dello Spirito Santo, e il loro significato fattuale in cui si designano fatti accertabili dalla scienza della natura o della storia dell'umanità. Non occorre dire quanto siano per certi versi lontane dalla nostra cultura le rappresentazioni della creazione e della creazione dell'uomo come sono narrate nei primi due capitoli della Genesi. «In verità, scriveva il padre Pierre Teilhard de Chardin poco prima del 1922, l'impossibilità di far rientrare Adamo e il Paradiso terrestre (immaginati letteralmente) nelle nostre prospettive scientifiche è tale che io mi domando se un solo uomo, oggi, sia capace di adattare simultaneamente il suo sguardo sul mondo geologico, evocato dalla scienza, e sul mondo generalmente raccontato dalla Storia Sacra. Non si possono mantenere le due rappresentazioni, se non passando alternativamente dall'una all'altra. La loro associazione stride, ha un suono falso. Unendole sopra uno stesso piano, siamo sicuramente vittime di un errore di prospettiva».⁵ Gli esegeti della Bibbia hanno spesso rievocato i diversi sensi che sono stati visti in quelle pagine, a cominciare da Filone di Alessandria e da Origene, in tutta la tradizione patristica. Al termine dei lavori della Commissione su Galileo, Giovanni Paolo II rievocò la celebre sentenza attribuita a Baronio: «l'intenzione dello Spirito Santo è di insegnarci come si va al cielo, non come è fatto il cielo – quomodo ad caelum eatur, non quomodo caelum gradiatur».⁶ San Tommaso, ricapitolando filosoficamente la venerazione religiosa del primo racconto ('sacerdotale', come lo chiamano gli esegeti) che è ormai comunemente inteso come un Inno al Creatore, ha dato della creazione una nozione che la Chiesa farà sua senza difficoltà: «*creare*

⁵ F. Ormea, *Pierre Teilhard de Chardin*, 2 voll., Firenze, 1968, I, p. 13.

⁶ *The Emergence of Complexity*, P.A.S., Vatican City, 1996, p. 461.

est ex nihilo facere». ⁷ Creare è produrre una realtà senza che questa ne presupponga un'altra prima di sé (*ex nihilo*, 'dal niente') all'infuori di quella che l'ha prodotta; e in secondo luogo è produrre in pura libertà o gratuità, senza che l'effetto o qualunque altra condizione vincoli in qualche modo il suo produttore. Quest'idea della creazione del mondo e dell'uomo, che supera la tavola Aristotelica della causalità del puro movimento, in quanto la creazione è posizione dell'essere per partecipazione, è conciliabile con quella del divenire perenne del mondo nella mobilità indissociabile dello spazio-tempo. Tutte le proprietà della realtà materiale potrebbero derivare le une dalle altre, senza che sia possibile stabilirne un principio o un termine temporale. È noto che San Tommaso, pur negando la necessità di affermare che il mondo sia da sempre, ne ammetteva la possibilità. Così diceva: «Che il mondo abbia un inizio si afferma soltanto per la fede; né può essere provato per dimostrazione, per quanto sia del tutto conveniente crederlo». ⁸ Quindi sul contrasto fra Aristotele e Tolomeo egli poteva affermare il carattere puramente ipotetico di tali teorie: «Unde hoc non est demonstratio sed suppositio quaedam». ⁹ Perciò dice ancora: «Le ipotesi inventate dagli astronomi non sono necessariamente vere; adottandole essi ritenevano di spiegare i fatti, ma non si è obbligati a considerare che essi abbiano visto giusto; può darsi che un modello ancora sconosciuto riesca a dar conto di tutti i fenomeni del mondo astrale». ¹⁰

Pare dunque che una via attuale di pensare la nozione della creazione sia quella di ricorrere ad una proposizione eidetica in cui abbiamo visto determinarsi la logica dell'essere e precisamente quella per cui il Dio biblico si manifesta, al di là della irriducibile

⁷ *S. Th.*, I, q. 45, a. 1.

⁸ *S. Th.*, I, q. 46, a. 2.

⁹ *In I De caelo et mundo*, I, 1, n° 28, Torino, 1952, p. 15. Per Tommaso la scienza dell'astronomia «procede dall'apparenza secondo i sensi circa gli astri» (*Ib.*, II, 14, n° 427, cit. p. 212), mentre la filosofia della natura «considera l'ordine delle cose che la ragione umana trova ma non fa» (*In Eth.*, I, 1, n° 2, Torino, 1964, p. 3).

¹⁰ *Ib.*, II, 17, n° 451, cit. p. 226. E più compiutamente in un testo di data precedente, cfr. *S. Th.*, I, 32, 1 ad 2.

Necessità del Fato della tragedia greca, come l'*Ipsum esse subsistens* che è amore in sé ed essere e amore partecipato nella creazione, e la Sua finalità come eterna offerta di senso al perenne divenire del mondo. L'ipotesi cosmologica a cui è giunta l'epoca della scienza non la contraddice, anzi ne trova delle corrispondenze, anche se essa con i propri strumenti logici ed investigativi non la potrebbe provare. In compenso l'infinito moltiplicarsi ed affinarsi delle sue ricerche astronomiche, astrofisiche e fisiche propone con libera dignità le inesauribili verità fattuali, ipotetiche e probabili che illuminano le ere sconfinite delle età del mondo. La scienza però ci dà solo quello che è supposta di voler darci, anche se lo fa generosamente. Ma è come se ci si attendesse di più da essa. L'entusiasmo che la scienza ha saputo suscitare nei recenti anni passati ha forse oscurato in molti il senso del limite e accresciuto il desiderio di vederla occupare il posto del mistero dell'essere e della natura alimentando la pretesa di diventare 'la ragione di essere' del mondo e dell'uomo. La 'meraviglia' che ha stimolato la prima riflessione filosofica sulla natura che è stata all'origine della scienza stessa, lungi dal diminuire con le nuove scoperte, si accresce di continuo per trasformarsi, negli spiriti più profondi, in una specie di stupore creaturale che accresce la distanza della nostra coscienza dalla verità della realtà. Allora si può comprendere come gli stessi luminari della scienza contemporanea si arrestino di fronte al 'nuovo mondo' in continuo aumento, con lo stupore consapevole di trovarsi di fronte all'immensità dell'ignoto che sembra allargarsi e sprofondarsi ad ogni nuova scoperta. L'uomo, che ha messo il piede sulla luna, si può dire ch'è appena uscito sulla soglia di casa dell'infinito. È il nuovo senso positivo del mistero della creazione biblica che diffida una risposta di senso ultimo ed ammonisce l'uomo che la vita terrena ha una fine e che «è vicino il Regno di Dio» (Lc 21,31).

Ebbene, c'è da ritenere che oggi più che mai la distinzione a cui ho accennato, tra le verità fattuali delle scienze in tutto l'ambito delle loro possibilità e le verità di senso o eidetiche dell'ermeneutica filosofico-religiosa, fornisca un criterio epistemologico valido a tirarci fuori da tanti grovigli di impensabilità che hanno travagliato lo *status hominis* dell'epoca della scienza. Come ricorda Giovanni

Paolo II nella sua lettera al P. Coyne della Pontificia Accademia delle Scienze, l'esperienza dimostra che la scienza può purificare la religione dai molteplici errori e dalle molte superstizioni. D'altra parte, la religione cristiana, a sua volta, ha la potenzialità di liberare la scienza dall'idolatria delle ideologie materialiste e riduzioniste che considerano che tutto si riduce a diversi livelli di materia, quindi che finiscono per capovolgere contro l'uomo¹¹ che ha creato la scienza. L'autonomia che la scienza si è conquistata nel suo sofferto cammino nella cultura moderna è pienamente giustificata per le esigenze del suo metodo di verificabilità nelle proposizioni fattuali. Tuttavia tale autonomia ha un'origine che è l'uomo stesso, quindi una direzione che è il servizio dell'uomo e della società umana. Perciò si comprende che la scienza possa e debba essere in relazione di partenariato con altri modi di conoscenza umana e specialmente con quelli che si riferiscono al senso della vita dell'essere umano, dell'universo e particolarmente della terra o ambiente dell'uomo. Una scienza senza coscienza dei principali messaggi, o 'degnità' per dirla con il Vico,¹² della religione e della filosofia, difficilmente può essere fedele al suo compromesso di servizio all'uomo. Nostro universo che è infinitamente più vasto di quanto gli antichi e Galileo potevano immaginare ha bisogno di ingrandire la sua anima. Il merito storico di Giovanni Paolo II è quello di convocare per tale compito gli uomini della scienza, della ragione e della fede. Ad alimentare questa speranza di una nuova visione del mondo senza contraddizioni fra scienza, ragione e fede, intendiamo contribuire anche con questo nostro convegno nell'anno del grande Giubileo della Redenzione.

¹¹ Cfr. S. Maffeo SJ, *In The Service of Nine Popes*, Roma 1991, p. 223.

¹² Cfr. G. B. Vico, *Il Diritto Universale*, Bari 1936, t. I, p. 24.

SCIENZA E SOCIETÀ – LA RESPONSABILITÀ SOCIALE DELLO SCIENZIATO

NICOLA CABIBBO

Lo sviluppo della scienza e i suoi problemi

Il secolo appena trascorso ha visto una enorme espansione delle conoscenze scientifiche e delle capacità tecnologiche dell'umanità.

Questi progressi hanno modificato in modo sostanziale la nostra visione del mondo e della natura:

– In fisica le nostre conoscenze sono state rivoluzionate dall'avvento della relatività, della meccanica quantistica, dalle scoperte sul funzionamento dell'atomo e del nucleo atomico, dalle teorie unificate delle forze elementari.

– Le nostre concezioni cosmologiche sono state rivoluzionate dalla teoria di Einstein della gravità, dalla scoperta della sorgente energetica del Sole e delle stelle, dalla scoperta dell'espansione dell'universo e del Big-Bang.

– Le conoscenze sulla natura della materia vivente sono state rivoluzionate dalla scoperta delle basi molecolari della eredità genetica, con meccanismi sostanzialmente uniformi in tutti gli esseri viventi, e questo ha permesso di porre su solide basi le teorie darwiniane dell'evoluzione.

Le nuove conoscenze hanno portato nuove capacità tecnologiche ed hanno profondamente modificato il nostro modo di vivere, di lavorare, di curarci, di comunicare e di muoverci. Le nuove capacità tecnologiche hanno cambiato, e stanno cambiando, la struttura dei rapporti sociali, della società stessa.

Nel giudicare l'entità delle modificazioni teniamo presente l'inerzia della struttura sociale, che deriva dalla resistenza dell'adulto ad accettare il nuovo. Dato però che questa resistenza trova un orizzonte ineluttabile nell'alternarsi delle generazioni, possiamo attenderci che la vera dimensione dell'impatto di tecnologie quali quella di Internet o quella delle manipolazioni genetiche, che già oggi appare imponente, si manifesterà pienamente solo nei prossimi decenni. Per convincersi di questo fatto, basta pensare ai cambiamenti sociali derivati dalla diffusione dell'automobile privata, una innovazione che data dalla fine del secolo diciannovesimo, ma che solo nella seconda metà del secolo scorso ha dispiegato pienamente i suoi effetti sulla struttura sociale.

Le modificazioni della struttura sociale prodotte dal progresso tecnologico hanno molti aspetti positivi, ma pongono non poche preoccupazioni, ed è sul difficile bilancio tra aspetti positivi e negativi delle nuove tecnologie che si gioca il problema della responsabilità sociale dello scienziato e, come vedremo, non solo dello scienziato.

In molti casi le innovazioni tecnologiche si traducono in un ampliamento delle possibilità offerte al pieno dispiegarsi della vita umana in tutti i suoi aspetti: innovazioni in medicina – siamo appena agli inizi dello sfruttamento delle possibilità offerte dalle nuove conoscenze sulla genetica molecolare, innovazioni nei trasporti – che sembrano già avere raggiunto una certa maturità, innovazioni nei mezzi di comunicazione, che sono in rigoglioso sviluppo. Non sembra necessario dilungarsi oltre sugli aspetti positivi delle nuove tecnologie e su quelli ancora maggiori che possiamo intravedere: essi sono dinanzi ai nostri occhi.

Esistono però aspetti negativi, o che destano preoccupazione. Li possiamo rozzamente dividere in quattro categorie:

- Problemi etici.
- Problemi ambientali e di sostenibilità.

– I problemi posti dall'applicazione militare delle nuove tecnologie.

– Problemi di giustizia.

Al di là dei problemi etici interni alla professione del ricercatore, legati ad esempio alla verità ed onestà delle comunicazioni scientifiche o al rispetto dei collaboratori e del loro contributo, ce ne sono alcuni di portata più generale, ed a questi dobbiamo rivolgere la nostra attenzione.

Le tecnologie emergenti comportano gravi questioni etiche nella sfera della integrità e del rispetto della persona umana. Diamo due esempi: le nuove tecnologie della comunicazione rappresentano una grave minaccia al diritto dell'individuo alla riservatezza. La telefonia cellulare ci permette di comunicare da qualsiasi luogo, ma allo stesso tempo lascia una traccia dei nostri spostamenti nel corso della giornata. Analoghi problemi si pongono agli utenti della posta elettronica o delle carte di credito. Nel loro insieme queste possibili violazioni della privacy toccano o sono destinate a toccare la quasi totalità della popolazione.

Anche le nuove tecnologie di analisi e manipolazione della materia vivente aprono grandi questioni etiche. Basti pensare alle possibilità, offerte dalla decrittazione del genoma umano, di identificare una predisposizione a particolari malattie, e questo sia sull'adulto, che potrà vedersi negare una assunzione o una assicurazione, sia sul nascituro, con le conseguenze immaginabili. Alcuni di questi problemi sono stati discussi in un incontro sugli aspetti legali del Progetto Genoma, organizzato dalla Pontificia Accademia delle Scienze nel 1993.¹

Lo sviluppo delle attività umane è tale che l'intero pianeta, con limitate eccezioni quali la Groenlandia e l'Antartide, è stato modificato nei suoi equilibri. Questo impone gravi responsabilità all'umanità nel suo complesso. La sopravvivenza della terra dipende ormai dalle nostre scelte, e con essa la sopravvivenza della specie umana. Si fa sempre più evidente la necessità di assi-

¹ Cfr. *The Legal and Ethical Aspects related to the Project of the Human Genome*, Scripta Varia 91, The Pontifical Academy of Sciences, Vatican City, 1995.

curare la sostenibilità nel tempo dell'utilizzo delle risorse che la terra fornisce.

Non è questo il luogo per analizzare la lunga lista dei problemi ambientali, che toccano tutti gli aspetti dei meccanismi di equilibrio del pianeta, dalla atmosfera (buco dell'ozono, effetto serra e possibili modificazioni climatiche), agli oceani (inquinamento, minaccia di una crescita del livello del mare), alla biosfera (grave decrescita della biodiversità). Alcune delle nuove tecnologie potrebbero avere una influenza positiva; ad esempio la facilità di comunicazione potrebbe ridurre la necessità di spostamenti fisici. Al contrario le tecnologie di manipolazione della materia vivente possono aggravare la crisi della biodiversità, tramite l'introduzione di specie vegetali od animali standardizzate a detrimento della varietà di specie oggi utilizzate. Alcuni di questi problemi sono stati toccati nella settimana di studio sul problema del cibo nei paesi in via di sviluppo, tenuta nella Pontificia Accademia della Scienze nel 1998.²

È chiaro tuttavia che le maggiori minacce all'ambiente derivano dalle tecnologie 'pesanti', quali energia, trasporti e produzione di cibo, il cui impatto, a parità di scelte tecnologiche, è direttamente proporzionale alla dimensione della popolazione umana e del suo livello di benessere materiale. È quindi importante che tutti gli sforzi vengano fatti per diminuire l'impatto ambientale di queste attività mediante lo sviluppo di tecnologie più sostenibili di quelle odierne.

Il problema delle applicazioni militari della tecnologia è gravissimo: gran parte degli investimenti in tecnologia dei paesi in via di sviluppo è destinato a tecnologie militari, e le nuove tecnologie creano nuove preoccupazioni sul piano umanitario, ad esempio la possibilità di perdita della vista che deriva dall'uso di armi laser.

Ricordiamo infine l'esistenza di gravi problemi di giustizia distributiva. Molti paesi sono oggi tagliati fuori dallo sviluppo della scienza e della tecnologia, una situazione recentemente denunciata da Giovanni Paolo II in occasione del Giubileo dei lavoratori. Il

² Cfr. *Food Needs of the Developing World in the Early Twenty-First Century*, Scripta Varia 97, The Pontifical Academy of Sciences, Vatican City, 1999.

quadro non è interamente negativo: lo sviluppo delle comunicazioni ha di molto diminuito il costo della partecipazione allo scambio di informazioni scientifiche. Questo ha permesso a paesi come l'India, dotati di un buon livello di istruzione tecnica, di sviluppare una fiorente industria del software. I costi, benché ridotti, rimangono tuttavia troppo alti per i paesi più poveri, come quelli africani, che avrebbero molto bisogno di sviluppare il proprio livello di istruzione e di partecipazione alla ricerca.

La responsabilità dello scienziato

In questo quadro con molte luci e molte ombre, gli scienziati assumono particolari responsabilità, in quanto collettivamente depositari delle conoscenze scientifiche che permettono di valutare tempestivamente i problemi emergenti sia a livello etico che a livello ambientale, e di contribuire alla loro soluzione. Ma a questi problemi devono essere attenti. Nella enciclica *Fides et Ratio*, Papa Wojtyła rivolge un pressante invito agli scienziati:

«a contiunare i propri sforzi senza mai abbandonare l'orizzonte sapienziale in cui i progressi della scienza e della tecnologia siano uniti a quei valori etici e filosofici che sono il marchio distintivo ed indelebile della persona umana».

Con queste parole ci potremmo fermare se non fosse che i problemi cui abbiamo accennato, nella loro dimensione planetaria, non possono essere affrontati dai soli scienziati. Gli scienziati sono sì depositari delle conoscenze tecnico-scientifiche necessarie, ma il loro potere è minimo.

Gli scienziati non sono 'decisori'. Quindi, certamente, lo scienziato deve tenere presenti le conseguenze del suo operare, ma questo non basta se le sue preoccupazioni non trovano attenzione da parte di chi, sia egli un uomo di governo, o un leader dell'industria, ha i mezzi per agire.

La storia recente mostra che spesso gli scienziati hanno svolto il loro compito, ad esempio nel mettere in guardia i governi sui rischi della corsa agli armamenti nucleari, o più recentemente con l'allarme sulle alterazioni climatiche e sulle minacce alla biodiversità. La

loro voce però è raramente ascoltata. Sorge qui una specifica responsabilità degli uomini di governo, che devono imparare a recepire, e se necessario a sollecitare la voce della scienza.

Tutto questo richiede la creazione di canali di comunicazione tra il mondo della scienza e quello del governo, che per le loro caratteristiche possano essere considerati autorevoli ed affidabili. Questo ruolo non può essere garantito dalle grandi istituzioni di ricerca, quali il CNRS in Francia, o il CNR in Italia. Queste istituzioni, come altre similari nei due paesi, siano essi il CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique), o l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), non sono attrezzati per operare sull'orizzonte sapienziale, ma su precisi programmi di ricerca.

Il ruolo di interfaccia dovrebbe allora essere demandato ad organismi che possano raccogliere e mobilitare il meglio della ricerca scientifica, mantenendosi in grado di fornire agli uomini di governo un supporto per quanto possibile imparziale. Questo ruolo sembrerebbe naturalmente dover ricadere sulle Accademie. Da questo punto di vista l'esperienza è molto differente nei vari paesi. Un esempio sicuramente positivo è quello offerto dalla National Academy of Science degli Stati Uniti, cui il governo spesso commissiona studi su argomenti rilevanti per gli interessi nazionali. La situazione è meno brillante in Italia, dove la prestigiosa Accademia dei Lincei è raramente ascoltata ed anche più raramente interpellata. Non conosco abbastanza la situazione francese per potere commentare sul ruolo che in quel paese ha la Académie des Sciences, ma forse i nostri colleghi d'oltralpe ci possono illuminare su questo punto.

Desidero ricordare l'esempio della Pontificia Accademia delle Scienze. L'Accademia Pontificia è veramente internazionale e i suoi membri sono scelti sulla base della loro eccellenza scientifica senza riferimento alla appartenenza alla Chiesa Cattolica. L'Accademia gode di un intenso colloquio con Il Santo Padre, da cui direttamente dipende, ed è spesso chiamata ad esprimere l'avviso del mondo della scienza, non solo su problemi di natura epistemologica, che sono di diretto interesse per il Magistero della Chiesa e per lo sviluppo del suo insegnamento, ma anche sui gran-

di problemi dell'umanità, sui quali il Sommo Pontefice fa spesso udire la sua voce autorevole.

Vorrei concludere ricordando un episodio paradigmatico, riportato da Regis Ladous nella sua storia della Pontificia Accademia delle Scienze (*Des Nobel au Vatican*, éd. du Cerf, Paris 1994). Nel 1943, due anni prima di Hiroshima, Pio XII lanciò un autorevole allarme contro lo sviluppo degli armamenti nucleari. Questa denuncia fu resa possibile da uno dei primi membri della Pontificia Accademia delle Scienze, il luterano Max Planck, insignito del Premio Nobel per la scoperta dei quanti. Questo episodio dimostra quale potenziale possa avere una aperta collaborazione tra il mondo scientifico ed una grande autorità morale come quella del papato.

LA RESPONSABILITÉ DES SCIENTIFIQUES DANS LE DOMAINE DE L'ÉDUCATION

PIERRE LÉNA

Une science omni-présente

Il suffit de feuilleter la presse grand public pour y déceler l'omniprésence de la science et surtout des techniques qui en découlent. Ainsi de ces quelques titres relevés cet hiver, en un jour ordinaire: «L'Académie de médecine se préoccupe de l'euthanasie», «Les conséquences de l'effet de serre inquiètent les industriels et la compagnie Air France va doit revoir certaines de ses prévisions», «2,4 millions de morts du sida en 1999», «Une nouvelle planète autour de l'étoile tau de la constellation du Bouvier», «Un site Internet portable proposé par un opérateur de télécommunication», «La société Matra vend le "cerveau" du métro Météor au métro de New-York», «Pornographie high-tech sur Internet», «Les Etats-Unis relancent la course aux armements avec le test d'un missile antimissile».

Le développement des trois ou quatre décennies écoulées fut prodigieux, il entraîne une grande confiance dans la capacité de l'esprit humain à saisir le monde et à agir sur lui. Pour la première fois dans l'histoire, cette action peut avoir un impact planétaire: climat, bio-diversité, devenir de l'espèce humaine, communications... La science, démarche de connaissance pour connaître, évolue vers

une science-agir: *Je sais donc je fais*. Et pourtant, elle inquiète, suscite doutes et rejets. Cette liberté nouvelle, qu'en faire? la récuser ou l'assumer? Et si elle doit être assumée, comment s'assurer qu'elle ne conduira pas aux pires débordements, comparables aux horreurs qui ont marqué le XXème siècle?

Une société mal à l'aise avec l'avancée scientifique

Faut-il donc poursuivre l'aventure scientifique, et comment? cette question, née avec Hiroshima, traverse en profondeur nos sociétés et ne semble pas prête de s'éteindre. La communauté scientifique semble découvrir l'éthique – le mot y est à la mode: après avoir longtemps tenu la position que la science (la connaissance) était au mieux intrinsèquement bonne, au pire moralement neutre, que toutes les responsabilités relevaient de la société ou des politiques, beaucoup de scientifiques reconnaissent désormais que l'étude du vivant bien sûr, mais aussi l'exploration de l'espace, l'exploitation du nucléaire et bien d'autres activités mettent en jeu l'humain, présent et à venir, et ne peuvent être tenues pour neutres. Le droit est concerné: faut-il légiférer? jusqu'où? selon quels principes? La «*dignité de la personne humaine*», souvent citée dans les textes éthiques ou législatifs, est-elle un critère suffisamment clair et universel? Devant les nouvelles représentations du monde et de l'homme que la science propose, la philosophie ne peut rester étrangère. Pas plus que le religieux, qui s'est réjoui de l'abandon des excessives prétentions du scientisme – bien symétriques d'ailleurs de l'absurde méfiance vis-à-vis de la connaissance scientifique qui marqua la fin du XIXème siècle – mais qui ne sait pas toujours retrouver une position juste, entre les fondamentalismes divers ou les holismes de pacotille, si populaires. Le «grand public» oscille souvent entre admiration et peur. Il passe volontiers de l'incompréhension au bonheur et au vertige du rêve devant les découvertes. Tantôt il souhaiterait un moratoire et tantôt il désire que les cancers soient plus vite éradiqués ou que l'espérance de vie soit plus longue encore. La jeunesse, dans nos pays développés, s'interroge intuitivement sur la science: à quoi cela sert-il?... on peut vivre sans... c'est trop difficile... c'est une vision du

monde... comment être sûr que tout cela est vrai?... Voici quelques réflexions entendues. Elle a peur de l'aliénation, de l'instrumentalisation, et pourtant s'y prête volontiers, tant est puissant l'attrait des nouvelles technologies de tous ordres.

«Rien ne démontre mieux la faillite des espoirs d'un rationalisme naïf que la parfaite compatibilité des sciences modernes et des fanatismes nouveaux, au détriment des traditions culturelles et scientifiques les plus riches et les plus ouvertes... nombre de sectes américaines du New Age allient mythes archaïques et fantasmes technoscientifiques. En terre d'islam, c'est dans les facultés des sciences et les écoles d'ingénieurs que l'intégrisme recrutait le plus aisément et c'est souvent vers l'informatique que se dirigent les jeunes juifs orthodoxes les plus intolérants... l'idéologie de la raison se retourne vite en déraison, et la rationalité ne peut se contenter d'une science technicisée et déculturée» écrit J.-M. Levy-Leblond.¹

Ainsi, nous vivons au quotidien un face-à-face inédit entre la science et l'humain, le même que vécurent de façon paroxystique les deux grands physiciens Niels Bohr et Werner Heisenberg dans leur rencontre de 1941, mise en scène dans l'admirable *Copenhague* de Michaël Frayn.

Rêver d'un moratoire est une illusion pour au moins deux motifs: d'une part, la «pulsion scopique» (Monique Vacquin)² est irrésistible chez l'homme, qu'il s'intéresse aux trous noirs ou aux mécanismes de son propre cerveau; d'autre part, les problèmes de la planète que l'humanité doit affronter dans les décennies à venir (population, pandémies, climat, eau, énergie...) n'ont simplement aucune solution sans le secours de la science. Il faut donc aller de l'avant: l'homme, disait déjà Pascal, est ainsi fait qu'il ne peut rester en repos. Il faut participer à l'aventure, nous sommes embarqués, qu'on le déplore ou que l'on s'en réjouisse. Mais ce chemin est-il au prix d'une fracture toujours plus grande entre ceux qui savent et font – techniciens, scientifiques – et le reste de la société, qui subit ou consomme des objets ou des rêves?

¹ Jean-Marc Lévy-Leblond, in *Les torts de la raison*, Revue Eurêka, n° 59, sept. 2000.

² M. Vacquin, *Main basse sur les vivants*, Paris, 1999.

Espoir en l'éducation

Devant ces immenses espaces de liberté qu'ouvre l'intelligence du monde et les pouvoirs sur lui, il faut préparer les consciences à comprendre et à assumer: je voudrais ici plaider pour l'éducation, et surtout celle des enfants et des adolescents, qui demain seront aux prises avec ce monde façonné par la science et soumis à ses ambitions. L'accumulation de connaissances de tous ordres est si grande aujourd'hui que l'école doit faire le deuil de leur transmission à chacun. L'école sait s'adapter, et fort bien, pour continuer à produire les ingénieurs, techniciens, scientifiques indispensables à la croissance des sciences et de leurs applications. Mais elle sait moins bien combler les fractures qu'engendre cette croissance.

Comprenons-nous bien: le propos n'est pas de plaider pour davantage de scientifiques, de techniciens ou d'ingénieurs dans notre société. Il s'agit de répondre à ces peurs, ces angoisses, en restaurant une démarche positive, heureuse, et lucide, une démarche de citoyen, une démarche en un mot d'homme debout, parce que nous ne pouvons pas nous résigner à ce qu'une jeunesse tienne le langage rappelé plus haut. Il n'est pas inéluctable de «n'y rien comprendre», comme on l'entend souvent. Ce refus de résignation conduit à l'énoncé de quelques principes qui pourraient guider – restons modestes – une révolution pédagogique. Je les formule en direction des éducateurs, des parents bien sûr, mais aussi en direction des scientifiques, mes collègues, mes amis, et tout simplement en direction des citoyens et pourquoi pas aussi, des théologiens ou des pasteurs. Ils pourraient concerner chacun d'entre eux.

Le propos est donc: se réconcilier avec la science et en accepter les enjeux. Cela passe par quelques éléments:

– Il s'agit d'abord d'une éducation, facile et magnifique, à la réalité et à la beauté intelligible du monde. N'acceptons pas de vivre dans un monde d'objets réduits à des boîtes noires fonctionnelles mais inintelligibles, ordinateurs ou appareils photo, dans un monde où la science n'est qu'un spectacle, un rêve comme on dit, essayons de comprendre et de faire comprendre.

– Il s'agit d'une éducation active, fuyant l'accumulation des connaissances et cherchant passionnément à toucher, sentir, inter-

roger la nature. Teilhard de Chardin écrivait déjà: «*Il y a deux types de connaissance: une connaissance abstraite, géométrique, pseudo-absolue, qui est hors du temps, et elle concerne le monde des idées et des principes. Et puis il y a une connaissance vraie. Le premier type de connaissance mène à la géométrie et à la théologie, alors que le deuxième type mène à la physique et à la mystique*». ³ Quelle est-elle? «...: ce contact direct et familier qui vient de l'expérimentation et non de la lecture, ce qui fait toute la différence», poursuivait-il.

– Devant ce monde, beau, passionnant, qu'on peut comprendre, il s'agit d'une éducation à la raison. Nous avons les outils pour déchiffrer. Ce qui décidera de l'énergie de demain, ou de l'occurrence de la vie sur d'autres planètes, ou du fonctionnement de la pensée – tout ceci ne sera pas sans impact sur nos représentations du monde –, ce ne seront ni la force ou la violence, ni le dogme, ni la théorie seule: ce seront l'observation de la réalité et la critique de cette observation par des arguments rationnels. Je ne résiste pas à placer ce rôle de la raison en perspective de quelques mots extraits d'une encyclique récente, qui s'intitule justement «*Sur les rapports entre la foi et la raison*»: «*Il est illusoire de penser que la foi, face à une raison faible, puisse avoir une force plus grande; au contraire, elle tombe dans le grand danger d'être réduite à un mythe ou une superstition*». ⁴ Education à la raison ne signifie pas, à l'évidence mais il vaut mieux le préciser, éducation qui fasse à la raison une place exclusive: pourtant les autres dimensions de l'humain, notamment l'imagination dont le rôle en science est si primordial, se développeront d'autant mieux que la raison aura trouvé sa juste place.

– Dans cette éducation à la raison, le sens de la mesure – beau mot, puisqu'il veut dire à la fois l'équilibre et aussi la quantité – consiste à regarder les chiffres et à les analyser. Georges Charpak rappelle souvent ⁵ qu'avant de parler de la radioactivité et de ses dan-

³ in Lettre au P. de Lubac, 1934.

⁴ *Fides et Ratio*, Lettre encyclique du pape Jean-Paul II, IV, 48, in La Documentation catholique, n° 2191, 1998.

⁵ Par exemple dans G. Charpak, *Les nouvelles intolérances, De l'intolérance dans les sciences*, Revue des Deux Mondes, décembre 1999.

gers, nous devrions tous connaître par coeur le nombre de Becquerels (unité mesurant la radioactivité d'un corps, quel qu'en soit l'effet, et correspondant à une désintégration nucléaire par seconde) que produit le potassium radioactif qui se trouve dans notre propre corps. Le sens de la mesure, même si tout en science n'est pas nécessairement mesurable! Les mots «choc», «émotion» dont abusent les médias n'ont pas leur place ici, ou plutôt ne l'auraient qu'éclairés par la raison.

– Éducation à la vérité: la science produit de la vérité. Elle ne dit pas la vérité, elle la construit. Cette vérité, pour provisoire qu'elle est souvent, n'en est pas moins incontournable. Elle est indépendante des opinions et des latitudes. La pierre tombe: voici un énoncé qui est vrai partout, à Beijing comme à Paris, au Cap comme à New-York. Et c'est cette universalité qui le rend partageable au travers de toutes les cultures, comme un véritable bien commun de l'humanité. Cette vérité ne se construit pas *ex nihilo*: elle se construit dans un échange, et dans cet échange la règle du jeu n'est pas la loi du plus fort, elle est celle du plus pertinent à déchiffrer le livre ouvert devant soi, le grand livre du monde. Et contrairement à ce que l'on entend trop souvent, ce n'est pas le fait que cette vérité soit toujours remise en chantier, qu'elle soit en perpétuel devenir, qui lui ôte son caractère: pour imparfaite qu'elle soit et pour mystérieux que cela nous apparaisse, notre connaissance du réel touche au «fond» des choses.

– Il s'agit d'une éducation à l'Histoire. Cette aventure de la science n'est pas contemporaine, elle est enracinée dans l'histoire humaine au même titre que les arts, les batailles ou les héros. Elle n'est pas, comme on le lit trop souvent, un combat contre l'obscurantisme, mais le difficile effort de l'homme pour sortir du rêve de l'enfance et assumer sa condition. Il faut enraciner ce présent de la science dans l'histoire, dans tous les tâtonnements de somnambules,⁶ toutes les erreurs et toutes les illuminations qui l'ont construit. Et ceci bien qu'au final un énoncé scientifique soit intemporel: le théorème de Pythagore, la Terre tourne en un an autour du Soleil, $E=mc^2$ sont des énoncés intemporels. Comment donc naissent ces énoncés – ces

⁶ Selon le beau titre d'A. Koestler, *Les Somnambules*, trad. française, Paris, 1985.

purs joyaux de connaissance –, au travers de quelles passions tortueuses, de quels désirs de puissance ou de gloire, de quels contextes sociaux et politiques s'accouchent-t-ils?

– Éducation aux enjeux de la science. Ceux-ci sont marqués du sceau de la complexité, qu'il faut accepter d'affronter en renonçant aux certitudes trop aisées, aux émotions faciles, en sachant établir un dialogue avec les experts, écouter, exercer son esprit critique. Complexité qu'il faut affronter en acceptant la mesure, le raisonnement sur des ordres de grandeur, en sachant comparer deux valeurs, en renonçant aux «effets de chiffres» (très grands, très petits, qui souvent frappent l'imagination mais ne signifient guère). Complexité des phénomènes, en particulier de ceux qui ont des causes multiples, ceux que l'on appelle «multifactoriels». Dans les questions de santé, dans les débats sur l'environnement, il y a le plus souvent un faisceau de causes qui produisent un effet, et cela rend l'argumentation plus subtile.

– Éducation au partage: le savoir ne vaut que s'il se partage; mieux, il s'amplifie quand il s'échange. A l'opposé de l'injonction «admirez et consommez», l'accès au savoir doit être ouvert à tous à proportion des capacités de chacun à comprendre, en usant de la langue commune et de la raison. Internet peut bien nous donner l'illusion d'un accès égalitaire à la connaissance, ce n'est qu'un outil. Cette obligation de partage concerne d'abord les scientifiques et les appelle à un effort sans précédent, à la mesure de ce qui est à partager.

Un exemple: l'action La Main à la pâte

Dans la plupart des pays développés, et souvent des autres aussi, les sciences traditionnellement enseignées à l'école primaire et au lycée n'ont pu suivre le grand mouvement du siècle. On y fait de l'information, plutôt que de l'éducation à la science, on y enseigne bien plus une accumulation de faits sans grand lien entre eux que cette merveille de l'adéquation entre la raison et la nature qu'est le regard scientifique. En France, un petit groupe lié à l'Académie des sciences autour de Georges Charpak s'est soucié de tenter une rénovation

de l'enseignement scientifique à l'école primaire, où il était soit absent soit bien souvent médiocre, la focalisation s'étant faite sur l'objectif «Lire, écrire, compter» bien souvent au détriment de tout le reste. Voici quelques-uns des principes de cette rénovation:

– Les enfants observent un objet ou un phénomène du monde réel, proche et sensible et expérimentent sur lui.

– Au cours de leurs investigations, les enfants argumentent et raisonnent, mettent en commun et discutent leurs idées et leurs résultats, construisent leurs connaissances, une activité purement manuelle ne suffisant pas.

– Les enfants tiennent chacun un cahier d'expériences avec leurs mots à eux.

– L'objectif majeur est une appropriation progressive, par les élèves, de concepts scientifiques et de techniques opératoires, accompagnée d'une consolidation de l'expression écrite et orale.

L'effort, débuté en 1996, touche aujourd'hui près de 5000 classes, qui ne représentent pourtant pas 2 % de l'effectif total ! C'est dire la difficulté de l'entreprise, qui pourtant séduit des parents, des élus et surtout des maîtres mal à l'aise avec les sciences – à l'image de la population (cf. supra). Le mouvement intéresse aussi hors des frontières nationales: tant aux Etats-Unis où sévit l'illettrisme scientifique (*Scientific Illiteracy*) que dans des pays émergents (Vietnam, Egypte, Maroc...) où l'école a le plus grand mal à suivre le développement scientifique et technologique débridé qui accompagne la mondialisation.

Vers de nouveaux partages

Même si des efforts tels que *La Main à la pâte* indiquent la voie à suivre pour tenter de réconcilier la société avec la science en lui permettant de l'appivoiser, il faudra sans doute aller plus loin. Je donne en Annexe à ce texte quelques pistes qui pourraient faire l'objet d'un «programme de travail» international en vue de faire de l'éducation à la science (et par la science) un objectif majeur: l'idée de base est simple. Nul programme de recherche désormais ne devrait se dérouler sans qu'*ab initio* il ne porte la préoccupation de l'éduca-

tion, de l'impact qu'il pourra avoir, de la façon dont il sera transmis (avec quels outils? vers quels maîtres?). Au delà et en parallèle avec l'objectif si bien atteint jusqu'ici de l'accumulation du savoir, un nouvel objectif: celui du partage du savoir. Et non plus seulement sous forme d'information livrée au grand public par les médias (objectif respectable, essentiel et qui demeure), mais sous forme d'un impact programmé sur l'éducation. Ceci suppose sans doute de profondes transformations, une révolution peut-être, dans la gestion des objectifs et des programmes de la recherche. Et également dans la façon dont la science diffuse (*percole* serait le mot propre) dans les systèmes éducatifs: désormais celui qui produit la connaissance devant être également tenu pour responsable de s'assurer de son partage et des outils de celui-ci.

Pour conclure

On peut tenir que l'aventure scientifique est riche de vie et riche de sens, parce qu'elle met en relation l'intelligence avec la richesse toujours insoupçonnée du monde. Comme Shakespeare le fait dire à Hamlet: «*Il y a plus de choses sur la terre et dans le ciel, Horatio, qu'il n'en est rêvé dans notre philosophie*». C'est alors que, loin de mutiler l'homme en le soumettant à une rationalité desséchée, cette éducation peut révéler à chacun la puissance de l'intelligence, aider à la maturation de sa conscience, de sa responsabilité donc, et ouvrir des espaces de liberté, en le menant jusqu'à ce point – mais pas au-delà – que décrit si bien Jacques Derrida: «*La décision se prend là où le savoir en tant que tel ne nous dicte pas de normes ou de règles dont nous n'aurions en somme qu'à dérouler le programme ou à tirer les conséquences. C'est donc toujours dans le dilemme ou dans un certain non-savoir, au moment où deux impératifs contradictoires sont en concurrence, qu'une liberté responsable tend à s'exercer comme telle. Une partie du chemin, c'est le savoir. Et puis la liberté s'exerce dans le non-savoir*». ⁷

⁷ J. Derrida, *Décidément garder l'éveil*, in *Le génôme et son double*, Paris, 1996.

La science, rencontrant les valeurs, aura alors ouvert à l'homme de demain son chemin d'humanité, c'est à dire sa façon d'assumer le risque du choix des valeurs, le risque de vivre.

Le partage du savoir, quelques propositions

1. L'accès à la connaissance est une composante essentielle du développement de l'enfant et de l'adulte, de la grandeur de l'être humain.

2. La prodigieuse croissance des savoirs scientifiques et technologiques, dans les universités mais aussi dans les laboratoires publics ou privés, lors des dernières décennies laisse à l'écart une très large fraction de la population de la Terre. Le partage de ces savoirs est une exigence de justice.

3. La complexité et l'intrication des problèmes auxquels devra faire face l'homme dans les prochaines décennies (énergie, ressources, eau, santé, biodiversité...) appellent l'intelligence et la participation du plus grand nombre.

4. Partage des connaissances, développement des compétences (*Capacity Building*) et éducation à la science/technologie sont des aspects distincts mais complémentaires et convergents.

5. La percolation des acquis scientifiques/technologiques se fait: en direction du public par les moyens d'information; en direction de la jeunesse par l'école (primaire et secondaire); en direction des acteurs de la science eux-mêmes – étudiants et chercheurs – par les universités. Chacun de ces secteurs requiert une action en profondeur.

6. La rapidité et la diversité de la croissance de la science/technologie ne s'est pas accompagnée d'un développement parallèle de l'éducation scientifique, qui pour le plus grand nombre demeure médiocre dans les pays développés et souvent absente dans les pays en développement. L'inégalité d'accès entre sexes y est souvent considérable.

7. Ce grave déficit peut entraîner l'incapacité d'un débat démocratique des grands problèmes de société auxquels la science/technologie peut apporter des remèdes, des peurs irraisonnées, une incompréhension de la nature de la vérité scientifique et de son rap-

port aux valeurs culturelles ou spirituelles, l'impossibilité d'appréhender les enjeux éthiques, l'adhésion à des sectes aux amalgames primaires, une instrumentalisation ou même aliénation du plus grand nombre.

8. Seule une implication en profondeur et à grande échelle des acteurs de la science eux-mêmes – chercheurs, ingénieurs, étudiants – peut répondre à ces difficultés, à la nécessité d'élaborer des réponses diversifiées, au nombre d'enseignants à accompagner (notamment aux niveaux primaire et secondaire).

9. L'introduction d'un volet «éducation» dans les programmes de recherche (*Science Outreach*), l'élaboration d'outils pédagogiques nouveaux et adaptés, l'analyse des possibilités effectives de partage de connaissances nouvelles et souvent complexes, la percolation vers les moyens d'information et tout particulièrement vers les systèmes éducatifs ainsi que la traduction de ces besoins auprès des gouvernements et des autorités de l'éducation requièrent la volonté, la créativité et une fraction des ressources de la communauté scientifique et des meilleurs de ses membres.

10. Les nouveaux réseaux de communication offrent d'exceptionnelles possibilités pour l'accès à la connaissance et à son partage. Néanmoins la qualité et la validation de ce qu'ils proposent, la possibilité pour les pays en développement d'y accéder, la nécessaire diversité linguistique requièrent une grande attention de la part de la communauté scientifique.

11. Seule une démarche dépourvue d'arrogance, respectueuse des difficultés de compréhension de concepts complexes, soucieuse d'honnêteté, basée sur un partenariat effectif peut contribuer à éviter l'aliénation du plus grand nombre. Les médiateurs traditionnels (enseignants, journalistes) comme de nouveaux métiers de médiation pouvant émerger devraient être reconnus comme membres à part entière de la communauté scientifique.

12. La spécialisation des disciplines, souvent indispensable à l'efficacité, peut devenir un sérieux obstacle au partage et à l'intelligence de la nature de la science et de l'unité du savoir par le plus grand nombre, ainsi qu'à la compréhension des enjeux et conditions d'un développement durable.

13. L'élévation globale du niveau de conscience des êtres humains, dont l'éducation est un facteur essentiel, est requise tant pour assumer le champ des libertés nouvelles et parfois inquiétantes ouvertes par le développement scientifique/technologique que pour répondre autrement que par la souffrance, la violence ou la guerre aux problèmes d'une Terre qui comptera dix milliards d'habitants en 2050.

14. L'engagement de la communauté scientifique pour analyser le besoin d'éducation, ses difficultés propres et proposer des actions devrait être la conséquence de sa responsabilité dans la croissance des savoirs scientifiques/technologiques et de leur mise en application.

REMERCIEMENTS

Ce texte est largement inspiré d'une communication faite aux Semaines sociales de France [1].

RÉFÉRENCES

- [1] Léna, P., «*La personne humaine dans la révolution scientifique et technique*» in *D'un siècle à l'autre*, Semaines sociales de France, LXXIV^e Session, novembre 1999, Bayard, Paris, 2000.
- Léna, P., *Sustainable science education in Transition to Sustainability in the 21st Century*, Conference of the World Scientific Academies, Tokyo, 2000.
<http://interacademies.net/intracad/tokyo2000.nsf/all/lena>
- Léna, P., «*Science en partage, un défi*» in *Sciences et valeurs, Ombres et lumières de la science au XXI^e siècle*, G. Huber & A. Forti éd., Editions médicales et scientifiques, Paris, 1999.
- Léna, P., *La main à la pâte – Enseigner les sciences à l'école primaire*, ouvrage collectif présenté par G. Charpak, Flammarion, Paris, 1996.
<http://www.inrp.fr/lamap>

LA CONOSCENZA SCIENTIFICA E L'UOMO: LA RICOMPOSIZIONE DELL'UNITÀ DEL SAPERE

PAOLO BLASI

Desidero prima di tutto esprimere il mio apprezzamento per le interessanti iniziative culturali promosse dall'Ambasciata di Francia presso la Santa Sede in occasione del Giubileo, iniziative finalizzate ad una riflessione sulle sfide del nostro tempo: la giornata odierna, in particolare, riguarda le sfide della conoscenza scientifica per l'uomo contemporaneo. Desidero ringraziare M. Jean-Dominique Durand per l'invito a partecipare a questo incontro che sarà ricco di stimoli e dal quale sono certo usciremo arricchiti nello spirito e nell'intelletto.

In questo mio intervento esprimerò alcune personali riflessioni sul rapporto tra cultura scientifica e uomo, ed in particolare sulla esigenza oggi sempre più diffusa e manifesta di una ricomposizione dell'unità del sapere – problema attuale soprattutto nel mondo occidentale.

Se si intende come *cultura* il modo di porsi nei confronti della realtà, degli altri e di noi stessi, e come *sapere* la ricchezza di conoscenza e di esperienza che nasce da questi rapporti e che diventa disponibile per l'individuo, si può affermare che la ricerca dell'unità del sapere è una costante nella storia dell'uomo.

Nel mondo classico l'unità del sapere è fondata sul concetto di natura percepita come insieme ordinato (*cosmos*) secondo forme e

idee che appartengono alla sfera divina, natura da cui tutto proviene e a cui tutto ritorna.

Nel Medioevo l'unità del sapere nasce da una visione teocentrica dell'universo: tutto è stato creato da Dio e proviene da Lui. Pertanto la teologia è la maestra di tutte le scienze.

In questo contesto, da una parte si tenta di raccogliere il sapere in *Summae* (la *Summa Teologica* di San Tommaso d'Aquino e la *Divina Commedia* di Dante Alighieri), dall'altra nascono le Università come luoghi specifici nei quali l'unità del sapere si deve realizzare: *'ad unum vertere'*.

Le facoltà sono quattro: la prima, delle Arti Liberali, è propedeutica alle altre che riguardano i rapporti dell'uomo con il suo corpo, quella di Medicina, con i suoi simili, quella di Diritto, con Dio, quella Teologica. Coerentemente a questa impostazione teocentrica l'accREDITAMENTO degli studi universitari è fatto dalla Chiesa.

Nei secoli XIV e XV lo sviluppo dell'Umanesimo riporta l'uomo al centro dell'universo. L'universo è creato per l'uomo, l'uomo lo deve conoscere e governare per rendere gloria a Dio creatore. Si sviluppano le arti e le scienze, si studiano nuove e più complesse macchine, si organizzano spedizioni per conoscere la terra, ma soprattutto si sviluppano nuove metodologie conoscitive che prescindono dai canoni filosofici e teologici.

Machiavelli afferma che per studiare a fondo la politica bisogna prescindere dall'etica, Galileo insegna che per scoprire e comprendere le leggi che regolano la natura non è necessario fare riferimento né alla filosofia né alla teologia e definisce un nuovo metodo d'indagine: il metodo sperimentale. L'uso delle nuove metodologie nello studio della natura provoca un rapido sviluppo delle conoscenze con importanti ricadute sul piano tecnologico: si fanno passi decisivi per affrancare l'uomo dalla secolare schiavitù della fatica fisica.

Si creano però anche le prime divaricazioni nell'unità del sapere, divaricazioni che rapidamente si accentuano via via che si sviluppano le conoscenze scientifiche e l'uomo aumenta la sua fiducia nella ragione e nelle nuove scienze.

In particolare, è la dimensione metafisica e religiosa dell'uomo che viene gradualmente emarginata a seguito dello sviluppo delle scienze fisiche e della tecnologia che rivoluziona i modi di produzione e moltiplica i beni disponibili per l'uomo.

Si cerca comunque di ricomporre una unità del sapere, prima durante l'Illuminismo attraverso l'Enciclopedia concepita come contenitore di tutto il conosciuto (quindi una unità fisica del sapere esterna all'uomo), poi con la filosofia (Cartesio tenta l'unità nel metodo e Kant nello Spirito e nella Ragione).

La fine del XIX secolo vede il trionfo della scienza e della tecnologia, l'uomo pensa di poter con esse risolvere i suoi problemi e rispondere a tutte le proprie domande esistenziali comprese quelle di senso. Dio viene relegato sempre più ai margini della vita dell'uomo come entità ininfluyente su di essa, mentre si afferma con Marx la rilevanza della dimensione economica e della divisione della società in classi.

In Francia il 15 settembre 1793, in piena rivoluzione, vengono chiuse tutte le ventidue Università, considerate strutture élitarie. Solo Napoleone (il 10 maggio 1806) riaprirà le Università ma trasformate in facoltà di una Università centrale e statale senza più autonomia. In Italia si attua una statalizzazione simile e nel 1882 si aboliscono le facoltà di teologia, così come era avvenuto in Spagna nel 1873. Si attua così nei paesi latini una rottura col passato e la dimensione religiosa viene marginalizzata anche nella formazione superiore.

Scienza, politica ed economia si separano così sempre più dall'etica e ciò porterà al dominio dell'uomo sull'uomo. Il prezzo che l'umanità pagherà per questa separazione sarà infatti nel corso del XX secolo molto alto. La politica, l'economia, la scienza si rivolteranno contro l'uomo stesso attraverso l'affermarsi di ideologie e di comportamenti che mortificano la dignità della persona umana: guerre, sopraffazioni, regimi totalitari, distribuzione iniqua delle risorse, distruzione dell'ambiente, ecc., ma soprattutto una profonda crisi dell'uomo occidentale, crisi nei valori fondamentali, nella organizzazione sociale.

Oggi l'individualismo esasperato, la disgregazione della famiglia, la perdita di autorevolezza delle istituzioni, favoriscono l'in-

comunicabilità, impediscono il dialogo, rendono inefficaci i processi educativi. I giovani, davanti ad un futuro incerto, educati in un clima di comodo permissivismo a non avere limiti né regole, si sentono da una parte onnipotenti e dall'altra sono fragili, incapaci di accettare un insuccesso e quindi portati ad eludere le sfide della vita. Molti sono ostili alla scienza che sentono lontana e di difficile comprensione e alla quale fanno risalire la colpa del degrado dell'ambiente e molti non accettano la realtà se non è coerente con la loro ideologia.

Negli ultimi decenni del secolo appena concluso le ideologie ottocentesche, nonché il positivismo e neopositivismo, sono andati in crisi. Emerge dai fatti che non si può più considerare l'uomo proiettato in una sola delle dimensioni che lo costituiscono, sia essa quella economica sia quella conoscitiva-scientifica, così come oggi non si può ridurre l'uomo solo alla dimensione comunicativa. È sempre più chiaro a tutti che la crisi dell'uomo moderno è una crisi culturale ed ha la sua radice profonda nella frantumazione del suo essere e nella pretesa che esso possa realizzarsi anche solo su una dimensione, senza integrazione con le altre.

Da qui l'esigenza e la consapevolezza sempre più diffusa che per contrastare e superare la crisi sia necessario elaborare una nuova proposta culturale, capace di ricomporre l'unità dell'essere come condizione necessaria per una crescita armonica della persona umana e perché essa ritrovi così il valore e il senso della propria vita.

L'unità dell'essere richiede l'unità del sapere, infatti la parcellizzazione del sapere porta all'incomunicabilità dei saperi e quindi alla frantumazione esistenziale della persona umana con le conseguenze che sono sotto gli occhi di tutti.

Oggi non è solo l'esigenza di superare la crisi dell'uomo occidentale che spinge verso la ricomposizione unitaria del sapere: tutti i principali problemi che l'umanità ha davanti a sé come quello energetico, quello ambientale, ecologico, bioetico, ecc., tutti richiedono di essere affrontati in modo multidisciplinare in un contesto di unità della conoscenza. È quindi anche l'unità della realtà con i problemi nuovi che pone all'uomo di oggi che spinge verso l'unità del sapere e verso lo sviluppo integrale dell'uomo in

tutte le sue dimensioni (del conoscere, del fare, del comunicare, del credere).

Ma come può ricostruirsi l'unità del sapere, su quali fondamenta, in quali luoghi, e la cultura scientifica che ruolo può giocare in questo processo?

Non credo, o almeno non sono a conoscenza dell'esistenza di modelli precostituiti atti a ricomporre oggi l'unità del sapere. Certo non è percorribile la strada dell'Enciclopedia: riunire in una banca dati tutte le conoscenze acquisite è un'impresa quasi impossibile e per di più tali informazioni andrebbero continuamente integrate a causa della rapidità con cui si sviluppano nuove conoscenze. Sembra che ogni cinque anni si raddoppi il patrimonio conoscitivo dell'uomo e comunque non è questa l'unità di cui si sente il bisogno.

L'unità del sapere non può infatti consistere in una somma di conoscenze, non può avere una dimensione solo quantitativa. Per altro ritengo che la conoscenza, bene rinnovabile e inesauribile, rimarrà anche in futuro articolata in discipline con metodi e contenuti diversificati.

L'unità del sapere non va quindi realizzata su un supporto fisico che contenga tutte le conoscenze quale nuova Enciclopedia, ma va costruita dentro la persona umana, dentro ciascun uomo; essa deve consistere in quello che Samek Lodovici ha recentemente (1993) definito un '*habitus*', cioè una disponibilità all'ascolto, alla riflessione, al dialogo, alla valorizzazione di ogni aspetto della conoscenza e dell'esperienza umana.

L'unità del sapere che ciascuno è chiamato a realizzare non dipende quindi a mio parere né dalla quantità né dal tipo di conoscenze che possiedo, ma piuttosto da come so metterle in relazione tra loro e con le ragioni del mio vivere e dal modo con cui sono capaci di utilizzare le conoscenze e le esperienze acquisite per dare risposte a tutte le domande che mi pongo incluse quelle di senso.

L'unità del sapere, quindi, lungi dall'essere una realtà estrinseca formalmente organizzata e coerente, è piuttosto uno *status* che si attua in ogni persona in modo unico ed irripetibile nella misura nella quale si integrano in essa conoscenze, esperienze, comporta-

menti, sentimenti che sono specifici di ognuno di noi: è il soggetto quindi che realizza in modo personale l'unità del sapere, riconquistando il centro interiore della propria coscienza col quale far dialogare tutti i diversi settori del sapere stesso.

Il soggetto diventa così uomo colto ma soprattutto uomo saggio.

Per il cristiano poi, il sapere così ricomposto sulla base dell'unità del reale che viene da Dio, non solo lo rende più aperto al tema della verità, ma anche al tema di Dio, il Dio creatore al quale fa risalire il significato della sua vita, significato al quale si avvicina attraverso la sintesi delle sue esperienze e conoscenze e l'unità del proprio essere.

Rinunciare a perseguire questo fine e cioè l'unità del sapere nell'unità del proprio essere, vuol dire rimanere divisi dentro e quindi facili a perdersi nella complessità della società globale.

Afferma in modo molto efficace Giuseppe Tanzanella Nitti: *«Rassegnarsi ad un sapere frammentato e incomponibile finisce col frammentare l'uomo, procurandogli un disagio tanto più acuto quanto più esistenzialmente importanti sono i contributi del sapere che egli omette o trascura di integrare»*.¹

Una persona che si abbandoni ad una simile situazione *«rischia di perdere la nozione stessa del proprio essere, il senso pieno e completo della propria esistenza, e conseguentemente di agire in lacerante disaccordo con la propria peculiare identità»* (Giovanni Paolo II, ai partecipanti al Congresso Università 80, 1° aprile 1980, Roma).

Ma come si raggiunge in ciascuno di noi questa unità del sapere, questa sintesi vitale per esempio tra cultura scientifica e umanistica, tra scienza e teologia, tra fede e ragione?

Essa si ottiene sviluppando una cultura aperta al dialogo e alla trascendenza.

Parlando all'Università cattolica di Montevideo il 7 maggio 1988 il Papa così presenta tale cultura: *«La cultura, che è frutto dell'apertura universale del pensiero, si crea e si sviluppa come un dialogo mantenuto a diversi livelli. È un dialogo col mondo inanimato che viene osservato con i metodi propri della scienza per riconoscere e por-*

¹ *Passione per la verità e responsabilità del sapere* (pag. 206), Edizioni Piemme.

tare le sue potenzialità al servizio dell'umanità [...]. La cultura è inoltre dialogo tra persone e gruppi e da qui la sua dimensione sociale e comunitaria [...]. In questo difficile compito di ricerca e interscambio, l'uomo di cultura ha bisogno di mantenere un fecondo dialogo con sé stesso. Da lui si esigono autenticità e onestà, per comunicare agli altri il vero, il nobile, il bello, ciò che può essere sostenuto da una retta coscienza [...]. Nell'apertura alla totalità dell'esistenza, la cultura implica disponibilità al dialogo con Dio nelle diverse maniere in cui si può esprimere il rapporto con la trascendenza».

Abbiamo espresso la convinzione che l'unità del sapere è un *habitus* che si realizza nella persona ricomponendo nell'unità del suo essere le diverse dimensioni esistenziali che la caratterizzano: è quindi importante il processo di formazione della persona che si attua nella famiglia, nella scuola e in particolare nell'Università. Perciò la ricerca di unità e coerenza tra le varie fonti del sapere deve rappresentare un obiettivo importante nella formazione universitaria.

L'Università oggi come nel passato è il luogo istituzionale proprio per sviluppare l'unità della conoscenza: non solo perché in essa sono presenti tutte le discipline, non solo perché vi vivono insieme docenti e studenti, ma anche perché l'Università è sede primaria di ricerca libera ed è proprio anche da essa che oggi emergono esigenze di unificazione del sapere.

Le interazioni sempre più frequenti tra discipline, l'applicazione di modelli o ragionamenti – nati in un settore – ad altri settori della conoscenza, la nascita di nuove discipline, lo sviluppo di ricerche multidisciplinari, tutto ciò avviene oggi negli Atenei e rappresenta una dinamica importante per favorire l'integrazione delle conoscenze. Perché questi processi possano ulteriormente svilupparsi è necessario garantire agli Atenei autonomia da condizionamenti impropri, sia da parte dello Stato che del mondo produttivo.

L'Università è chiamata oggi più di ieri ad una funzione educativa e formativa che coinvolge un numero sempre maggiore di studenti. Essa deve dare allo studente la capacità di imparare e di comunicare, la consapevolezza di ciò che sta facendo, una adeguata tensione verso la verità, una matura capacità critica anche verso

se stesso, nonché una buona capacità di iniziativa e molta tenacia nello studio e nella ricerca.

La formazione così impostata promuove e consolida nello studente virtù che lo rendono intellettualmente maturo cioè colto e quindi capace di svolgere poi qualunque lavoro indipendentemente dalla sua specificità.

Nelle nostre Università per altro è oggi in atto un processo organizzativo di riduzione delle aree scientifiche che dalle 12-14 del passato sono ormai ridotte a 5 (scientifica, biomedica, tecnologica, umanistica, delle scienze sociali); ad esse si riconducono anche le attività didattiche con una consistente riduzione del numero delle discipline: ci si avvicina all'architettura dell'Università medioevale, anche se permangono più numerose le facoltà e i corsi di studio. In questo contesto sono state istituite 41 classi per la laurea e 104 per la laurea specialistica. La loro articolazione è proiettata al futuro anche se risente in parte degli schemi disciplinari passati e in parte delle mode del momento (ben 7 classi specialistiche in comunicazione!). Nel complesso l'autonomia didattica prevede un rafforzamento della preparazione di carattere generale nel primo triennio, favorendo l'integrazione tra varie discipline (è questa la nuova professionalità richiesta anche dal mondo del lavoro) e rinviando al biennio successivo una maggiore specializzazione.

Mentre si apre la possibilità di sviluppare all'interno di ogni classe corsi interfacoltà con l'obiettivo di una formazione più completa, e quindi non destinata a rapida absolescenza, si deve prendere atto con rammarico che non vi è ancora la possibilità per gli studenti di seguire discipline riguardanti la teologia, la metafisica e altri aspetti delle scienze religiose, salvo nell'unica classe specialistica 'Scienza delle religioni'.

Ciò conferma il ritardo culturale del nostro paese relativamente al resto d'Europa nel campo dei *'Religious Studies'* già presenti in molti e prestigiosi atenei europei. Nel nostro paese si ritiene ancora oggi che la religione sia riducibile all'etica e pertanto le si nega quel valore conoscitivo e formativo che le è invece universalmente riconosciuto.

Tra l'altro nel caso del nostro paese l'allontanamento culturale dalla tradizione cristiana e l'ignoranza crescente dei contenuti della religione renderanno incomprensibili ai giovani di oggi e agli uomini di domani la gran parte del patrimonio artistico e letterario italiano ed europeo.

Mi auguro quindi che presto l'Università possa anche in Italia introdurre tra le proprie discipline quelle religiose per completare l'offerta didattica in una prospettiva di formazione globale della persona umana.

La cultura scientifica può svolgere in questa fase di ricomposizione dell'unità del sapere un importante ruolo di catalizzatore. Non dobbiamo dimenticarci che è proprio nel mondo scientifico che sono nate le prime critiche al positivismo, allo scientismo e alla pretesa di ricondurre tutta la conoscenza alla scienza sperimentale. Per altro sono stati gli uomini di scienza a riconoscere per primi i limiti della scienza e il valore conoscitivo di altre discipline. Nessuno oggi pensa di spiegare il bello e il buono con la scienza né tanto meno di usarla a fini apologetici.

Tuttavia la cultura scientifica, ancora pochissimo diffusa a mio avviso nel nostro paese, è portatrice di valori importanti, oggi particolarmente attuali, quali per esempio l'aderenza alla realtà e il metodo critico (concretezza), la cultura del limite e l'importanza del dubbio (umiltà), la cultura della valutazione e il valore del confronto (impegno), il carattere universale così come il linguaggio unificato che le ha permesso di creare una sola comunità internazionale al di là di ogni differenza etnica o religiosa. Molti di questi valori sono stati ignorati o sviliti dalle ideologie che hanno caratterizzato l'ultimo secolo con risultati tragici nella vita sociale e personale di molti uomini. Ripristinare tali valori e diffonderli attraverso la valorizzazione della cultura scientifica contribuirà certamente ad educare al rispetto della persona umana indipendentemente dalla sua cultura, etnia, religione. L'umiltà e la capacità di ascolto che caratterizzano lo scienziato nello studio della natura sono virtù fondamentali anche nei rapporti tra gli uomini e necessarie per instaurare un clima di rispetto e di comprensione reciproca, per superare il concetto egocentrico ed eurocentrico di tol-

leranza, per rendere l'unità del sapere compatibile con la diversità delle persone e dei popoli.

La cultura scientifica integra la cultura umanistica: i valori del bello, del buono, dei sentimenti umani non possono che trarre arricchimento dalla conoscenza scientifica e dai valori di metodo e di comportamento che essa comporta.

Ecco perché ritengo che il dualismo tra cultura scientifica e cultura umanistica non sia oggi più attuale ma anzi debba essere superato anche sul piano pedagogico per ripristinare quella unità del sapere che ha caratterizzato la storia dell'uomo fino alla metà del millennio passato: dobbiamo quindi promuovere un nuovo vero umanesimo.

Le sfide culturali che ci attendono all'inizio di questo terzo millennio sono perciò veramente epocali e dobbiamo ritenerci tutti dei privilegiati perché ci è concesso di viverle direttamente in prima persona. All'Ambasciata Francese, presso la Santa Sede che in occasione del Giubileo ci ha chiamato a riflettere su queste sfide, rinnovo quindi il mio grazie.

EXPERTISE ET DÉMOCRATIE

PAUL GERMAIN

Introduction

Le sujet que je propose de traiter est sans nul doute aujourd'hui au cœur des relations Sciences – Société et d'une grande actualité. Comment mieux vous en convaincre qu'en faisant appel à trois déclarations très récentes. Je les cite sans les commenter pour l'instant.

L'allocution du Premier Ministre, Lionel Jospin, prononcée le 29 novembre 1999 lors de la séance solennelle de l'Académie des sciences, sous la Coupole de l'Institut.

Le discours du Professeur Alain Pompidou du 5 janvier 2000 à l'Académie d'Agriculture de France, intitulé «Progrès scientifiques, éthique et décisions politiques».

Le discours du Président de la République, Jacques Chirac, devant l'Académie des sciences rassemblée au Palais de l'Élysée, le 25 janvier dernier lors de la remise du rapport du Comité 2000, discours reprenant et complétant son précédent discours prononcé le 1er décembre 1997 sous la Coupole.

Ces trois textes mettent en jeu les relations entre sciences, pouvoir politique et société, dans des perspectives différentes, certes, mais, en fait, complémentaires. Tous sont d'accord pour reconnaître le rôle premier et majeur de l'expertise.

«Véritable Janus bifrons, le progrès porte en lui le Bien et le Mal. S'il permet une amélioration considérable de la vie des hommes, il génère des risques nouveaux» déclare le Premier Ministre. C'est pour quoi, dit-il: «La décision politique s'inscrit dans un contexte radicalement nouveau... Dans ce contexte nouveau, l'expertise devient l'indispensable médiation entre la science et le politique». Mais il faut aussi «tenir compte de l'aspiration de nos concitoyens à maîtriser les effets du progrès scientifique».

Alain Pompidou, ancien député européen, constate, paradoxalement, qu'en dépit des progrès des connaissances: «la confiance dans la science et la technique décline régulièrement. Ainsi, face à l'émergence de nouvelles technologies avec leurs conséquences directes et indirectes sur la société, l'élu doit se doter des moyens du contrôle démocratique de la politique scientifique et technologique». Un peu plus loin il déclare: «La démarche éthique qui s'impose implique la confrontation de trois acteurs différents: l'expert, le politique, le citoyen».

Le Président de la République, après avoir constaté que «nombreux sont à nouveau ceux qui doutent que la connaissance ait pour conséquence le progrès humain» résume ainsi sa conclusion: «le temps est donc venu de réconcilier progrès scientifique, social et moral. Par trois démarches menées résolument et sans cesse améliorées: une expertise collégiale et pluridisciplinaire, une analyse éthique dans le respect des consciences, un effort de vulgarisation éducative».

Point n'est besoin de s'appesantir sur les causes des préoccupations manifestées dans ces discours. Au cours du dernier siècle, les applications des sciences ont suscité des capacités extraordinaires, de véritables pouvoirs permettant aux sociétés d'assurer leur sécurité – pouvoir militaire – d'offrir à tous de très nombreux biens matériels et culturels – pouvoir économique – et d'améliorer la santé de chacun – pouvoir biomédical. Mais l'action de ces pouvoirs est aussi cause de détériorations très sensibles de l'environnement et des équilibres sociaux, d'un bouleversement des conceptions éthiques, d'une perte de repères, de la sophistication des armements pouvant menacer la paix et alimenter la puissance de nuire des terroristes. Les décideurs, les responsables politiques ne dominent pas bien les causes de ces perturbations et les effets qui peuvent en résulter. Pour

déterminer les premières et prévoir les seconds, ils font naturellement appel aux sciences. La société ne comprendrait pas que celles-ci refusent le concours ainsi sollicité. Les scientifiques doivent donc exercer une fonction d'experts sur toutes les questions posées où ils sont compétents et sur celles des activités auxquelles, d'une manière ou une autre, ils se trouvent être participants.

I. LA PRATIQUE DE L'EXPERTISE

I.1 *L'expert et le scientifique*

Tous les domaines scientifiques peuvent être convoqués à remplir le devoir d'expertise. Tous les experts sont nécessairement des scientifiques au sens large. Mais tous les scientifiques ne sont pas nécessairement des experts et certains ne seront jamais appelés à remplir une fonction d'expert et ceci pour une raison fondamentale. La démarche scientifique, la recherche pour développer les connaissances dans les sciences proprement dites est indépendante de toute considération politique, sociale, philosophique. La démarche de l'expert ne l'est pas. Le Premier Ministre le rappelle lorsqu'il dit : «*La France veut conserver une recherche humaniste et une recherche au service de l'homme, c'est une recherche dont les effets sont maîtrisés*». Alain Pompidou formule des objectifs analogues lorsqu'il préconise de s'engager «*dans une démarche éthique qui vise à remettre l'être humain au centre du débat en lui assurant le respect de sa dignité et de la confidentialité des données le concernant*».

L'expertise opère en situation d'incertitude, ce qui ne veut pas dire en absence de connaissances. C'est pourquoi la pluridisciplinarité est indispensable. La discussion d'opinions contradictoires est essentielle. La remise aux décideurs des opinions minoritaires, appuyées sur des démarches méthodologiques reconnues comme valables, doit faire partie du rapport d'expertise à côté des opinions majoritaires. La légitimité de l'expertise vient de ce que les conclusions qu'elle présente sont celles d'hommes et de femmes compétents, couvrant tous les aspects du domaine concerné, et qui sont ceux dont la société dispose de plus crédibles pour fonder son action.

1.2. *Le principe de précaution*

Le Premier Ministre note que l'appréciation, face aux risques générés par le progrès des connaissances se révèle, la plupart du temps, délicate et estime que «*face à cette incertitude, le principe de précaution représente une réponse adaptée*». Pour Alain Pompidou, la démarche éthique repose sur «*trois principes, le principe de précaution, le principe de retour d'expérience et le principe de vigilance*». En fait, cette position n'est pas différente de la précédente, si on donne au principe de précaution la large définition et l'extension que lui donne le remarquable rapport de Philippe Kourilsky et Geneviève Viney, remis au Premier Ministre le 29 novembre 1999.

L'objectif premier et primordial du principe de précaution est de diminuer les risques, de mieux les gérer. Un objectif second est de mieux gérer la perception de risques. L'analyse des risques est la première démarche de l'application du principe de précaution. Elle doit séparer les risques dus aux fantasmes ou à la simple appréhension pour ne retenir que les risques potentiels plausibles et les risques étayés. Les premiers sont ceux reconnus tels par l'analyse alors qu'aucun retour d'expérience ne vient l'appuyer. Les seconds sont ceux dont la plausibilité est soutenue par des retours d'expériences. La simple plausibilité devrait en règle générale induire une obligation de recherche pour la conforter. La prise en considération d'un risque potentiel étayé doit a fortiori faire l'objet d'une recherche s'il est inhérent à une prise de décision. Il convient toujours de comparer les risques associés à différents scénarios, en particulier le risque d'agir à celui de ne pas agir.

1.3 *L'expertise et l'activité scientifique*

L'expertise, a-t-il été dit, doit s'appuyer sur des résultats de recherche et provoquer des activités de recherche pour étayer les connaissances nécessaires à l'analyse des risques. De plus, sur certains sujets: la pollution atmosphérique, l'effet de serre, les farines animales, les virus émergents..., l'expertise doit opérer en continu. Le rapport Kourilsky-Viney signale, à juste titre, que les recherches

scientifiques nécessaires aux expertises sont largement insuffisantes. Les capacités d'expertise ne soit pas suffisamment utilisées. Il recommande que l'Institution scientifique s'investisse plus avant dans ce type de recherche. Les suggestions et les initiatives évoquées dans ce rapport devraient être prises en considération; reconnaissance de l'expertise comme une discipline scientifique en part entière avec ses filières de carrière, son système de publications; rôle majeur de l'Académie des sciences comme soutien de ces activités; éventualité de la création d'une Agence d'Expertise Scientifique et Technique (AEST); possibilité d'organiser l'expertise en deux cercles interactifs mais distincts: le premier, composé exclusivement d'experts pratiquant une analyse scientifique et technique, le second, comprenant quelques experts du premier cercle et des économistes, des acteurs sociaux, et des représentants du public dont le rôle serait de procéder à une analyse économique et sociale.

II. AU DELÀ DE L'EXPERTISE: L'ÉTHIQUE, LA MORALE ET LES PERSPECTIVES ÉTHIQUES

L'expert ne décide pas, il fait des recommandations. Le Premier Ministre nous dit comment il voit les choses: *«l'expert met en garde, conseille, éclaire; l'autorité publique prend en connaissance de cause la décision et l'assume»*. Toutefois, ajoute-t-il, la recherche doit tenir compte de l'aspiration de citoyens à maîtriser le progrès des recherches scientifiques. *«Un dialogue démocratique peut éclairer les débats... Il faut inventer de nouvelles formes de débats»*.

Pour Alain Pompidou, la démarche éthique implique *«la confrontation des trois acteurs que sont l'expert, le politique, le citoyen»*. Le Président de la République, quant à lui, préconise *«une analyse éthique dans le respect des consciences»*. Ces trois discours mettent en jeu, à juste titre les mêmes protagonistes. Peut-on éclairer quelque peu, les convergences et les différences?

Ce qui cause difficulté, c'est bien évidemment la diversité des opinions et des convictions. La difficulté est encore accrue en raison des sens différents qui peuvent être donnés aux mots, en particulier

aux deux mots «éthique» et «morale». Je vais commencer par tenter de préciser les significations que je leur donne dans la suite.

Le substantif «éthique» désigne un ensemble de règles ou de normes qu'un groupe particulier ou une communauté décide d'adopter pour apprécier le comportement de ses membres (ou des membres d'une autre communauté) en distinguant dans l'exercice de leurs activités ou dans la poursuite de leurs objectifs, ce qui est légitime de ce qui ne l'est pas. Se trouvent impliqués les membres d'un groupe ou d'une communauté dans l'exercice d'une certaine activité, ou dans la poursuite d'un objectif. On peut parler ainsi de l'éthique de la recherche, de l'éthique des sciences, de l'éthique médicale, de l'éthique des affaires. Le sens de l'adjectif s'en déduit.

Chaque homme, chaque femme a des vues, des croyances, des convictions, des préoccupations morales en vertu desquelles il estime que certains actes sont bons ou mauvais, qu'ils doivent être faits ou évités, que certains jugements ou certaines appréciations sont justes ou injustes. Plus ou moins consciemment, ces attitudes et ces comportements reflètent une conception globale concernant la dignité, l'autonomie de chacun, le respect de sa personne et sa liberté; bref, une morale personnelle. Elle peut se rattacher à une morale relevant d'une conception religieuse ou d'une conception philosophique – par exemple la morale de Kant. Elle a tendance à formuler des règles absolues. Mais, en pratique, chacun se trouve souvent dans la situation d'un conflit de devoirs. Au moins dans les morales que l'on rencontre dans nos pays d'Europe occidentale, c'est la personne elle-même qui, après avoir été bien éclairée, arrête elle-même en conscience la décision à prendre.

Entre les conceptions de l'Éthique et de la Morale qui viennent d'être évoquées, il convient d'envisager des «perspectives éthiques» susceptibles d'être prises en considération dans de nombreux cas pratiques. Devrait y être inclus, évidemment tout ce qui concerne le respect de la personne humaine et de sa dignité qui se trouve au fondement des «droits de l'homme». On devrait aussi pouvoir envisager l'extension à des communautés géographiquement éloignées et aux générations futures: extension du champ des considérations morales élémentaires qui nous conduit à ramener l'homme lointain dans

notre proximité en lui conférant les attributs et les privilèges d'un frère et à considérer le descendant des générations futures qu'il nous sera toujours impossible de connaître, comme méritant le même souci que nos petits enfants. En résumé, les «perspectives éthiques» ici envisagées sont définies par les droits de l'homme et du citoyen, mais étendus à l'ensemble des hommes et des femmes du monde et à toutes les générations à venir.

III. EXPERTS ET DÉCIDEURS

La nécessité d'un dialogue entre les scientifiques et les décideurs politiques est universellement reconnue. Elle est vigoureusement exprimée dans la «Déclaration solennelle» de la Conférence mondiale sur la science de Budapest en 1999, lors de laquelle les pays en développement ont exprimé l'espoir que la science apporterait une contribution de première importance à la réalisation de leurs attentes. L'exemple des pays développés, comme le nôtre, montre que, pour être efficace, ce dialogue doit s'instaurer à travers une structure d'expertise, véritable médiation entre la science et la politique, comme le dit le Premier Ministre.

Tout d'abord, il faut qu'il s'établisse. C'est le pouvoir politique qui a l'initiative. Le gouvernement consulte-t-il toujours la structure d'expertise appropriée? Récemment, des décisions ont été prises concernant la production d'énergie électrique d'origine nucléaire. Qu'en a-t-il été? Supposons le dialogue entre experts et décideurs établi, qui va prendre en compte «les perspectives éthiques» évoquées plus haut? Sans doute, dira-t-on l'instance politique. C'est le cas par exemple en France avec le Parlement qui s'est doté d'un Office parlementaire chargé de recueillir les données et les avis dont il a besoin pour contrôler la politique scientifique et technique de la nation. Est-ce suffisant lorsque, par exemple, sont en jeu des questions de bioéthique affectant l'avenir des hommes? Bien souvent, comme c'est le cas pour le Comité national d'éthique pour la santé et la recherche médicale, c'est la structure d'expertise qui est chargée de tenir compte des «perspectives éthiques». Aux experts la com-

posant, scientifiques, économistes, juristes, sociologues on ajoute un petit nombre de personnalités chargés de représenter le public.

Je suis certain que le Comité fait de son mieux pour dégager les avis qu'il doit donner. Mais je ne suis pas seul à penser qu'il n'est pas sain de pousser des scientifiques à s'exprimer et à prendre parti en tant que scientifiques, sur des questions qui débordent leur domaine de compétence. Je suppose que c'est pour éviter une telle situation que le rapport Kourilsky-Viney préconise l'organisation de l'expertise en deux cercles interactifs et distincts, le premier formé d'experts scientifiques et techniques, le second comprenant essentiellement des économistes, des juristes, des acteurs sociaux, quelques experts du premier cercle et quelques personnalités représentant le public. Cette proposition est intéressante et répond, au moins partiellement à une préoccupation légitime.

Si les dispositions ici envisagées reposant sur le dialogue entre décideurs et experts peuvent se révéler dans de nombreux cas satisfaisantes, il me semble que sur des questions mettant en cause la nature profonde de l'homme, comme être biologique intellectuel, spirituel, moral, et son avenir, la communauté nationale est en droit de penser qu'elle n'a pas été appelée à s'exprimer alors que ces questions sont au cœur de ses plus intimes et de ses plus fortes convictions.

IV. A LA RECHERCHE DE NOUVELLES PRATIQUES DE LA DÉMOCRATIE

La conclusion dominante des documents principaux de la Conférence mondiale semble pouvoir se résumer ainsi: le seul acteur important face au gouvernement et aux décideurs, ce sont les sciences; les scientifiques doivent dialoguer avec les politiques. Toutefois, le point 3.2 d'un document complémentaire intitulé «note d'introduction à l'agenda-cadre d'action» mérite, me semble-t-il, d'être cité in extenso:

«Le libre et plein exercice de l'activité scientifique ne devrait pas être perçu comme étant en conflit avec la reconnaissance de valeurs spirituelles, culturelles, philosophiques et religieuses: il faut maintenir

un dialogue ouvert avec ces systèmes de valeurs pour faciliter l'entente mutuelle. Pour instaurer un dialogue ouvert sur la science et l'éthique qui pourrait déboucher sur un code de valeurs universelles, il est nécessaire de reconnaître les nombreux cadres éthiques des civilisations du monde».

On parle souvent de l'éthique; mais on oublie trop souvent de mentionner le rôle que peuvent et doivent jouer les systèmes de valeurs spirituelles, culturelles, philosophiques et religieuses. Mais comment engager le dialogue entre la science et l'éthique? Il est vrai que l'opération n'est pas facile. Les trois documents que j'ai évoqués posent le problème et signalent des pistes pour tenter d'y parvenir.

Alain Pompidou, avons-nous dit, préconise la confrontation de l'expert, du politique et du citoyen. On voit bien ce que représente les deux premiers singuliers. Le troisième, nous dit notre collègue Pompidou représente l'opinion publique. *«Il sera partie prenante dans la prise de décision dans la mesure où il s'engage dans la démarche éthique. Cela implique une formation aux nouvelles technologies dès l'école et qui doit être poursuivie à tous les âges de la vie, sur une base volontaire. Le débat entre les experts, les politiques, et l'opinion publique se déroule au sein de forums hybrides. La préparation d'un tel forum devra être assurée par des institutions telles que les Académies, les Comités d'éthique, les Offices d'évaluation parlementaires».* Ce n'est pas simple; surtout qui peut parler au nom de l'opinion publique?

Lionel Jospin estime que *«c'est une culture du risque que nous devons faire naître».* Cette culture suppose une information transparente avant que soient faits les grands choix scientifiques et techniques. Cette culture suppose aussi d'inventer de nouvelles formes de débat. Après avoir évoqué «la conférence de citoyens» organisée récemment par le Parlement, le Premier Ministre souligne que: *«sans se substituer aux mécanismes de décision gouvernementale, un dialogue démocratique peut éclairer les débats et faire progresser l'acceptation d'un progrès scientifique collectivement maîtrisé».*

Il faut inventer de nouvelles formes de débat, engager un débat serein. On se félicite de ces ouvertures, mais on peut se demander si elles sont à la mesure des défis qui vont nous être lancés. Ne croyons

pas que les lois que l'on peut promulguer dans des domaines sensibles tels que le nucléaire, l'environnement, le comportement vis à vis des handicapés ou les vieillards, la maîtrise de la procréation, les manipulations génétiques, même si elles définissent des règles raisonnables pour la société, répondront à toutes les exigences morales. C'est pourquoi, je pense, le Président de la République, animé par la perspective optimiste estime que le temps est venu de *«réconcilier progrès scientifique, social et moral»*, recommande *«une analyse éthique dans le respect des consciences»*.

Depuis plusieurs années, je pense que nous devrions chercher à inventer de nouvelles pratiques démocratiques où toutes les familles de pensée, philosophiques ou religieuses, qui ont quelques lumières ou convictions, ou espérances, éclairées par toute l'histoire de l'humanité, puissent échanger leurs vues, les confronter, interroger et dialoguer avec les experts et essayer de trouver une voie aussi acceptable que possible ou tout au moins éclairer celles qui se présentent. Il faudrait créer des lieux pour de tels débats ou, tout au moins, favoriser la création de tels lieux. Pourrait-on s'inspirer, en les adaptant des principes qui ont présidé à la création du Conseil économique et social? Projet très difficile qui, dès qu'il est évoqué soulève des objections décourageantes. Mais il faut se rendre compte de ce qui est en jeu. La vie est désormais à la merci des laboratoires nous dit Marie-Odile Réthoré. Certaines pratiques – tels les tests génétiques – stimulés par la logique économique peuvent bouleverser les fondements mêmes des droits de la personne d'après Axel Kahn. Toutes les ressources de l'expertise scientifique doivent être mobilisées. Mais on ne peut s'en remettre aux seuls experts. La lucidité est un devoir.

Il faut être réaliste: on ne réussira pas facilement et rapidement à élaborer les dispositifs permettant à la société de maintenir bien vivantes, au cours des évolutions qui l'attendent, par des débats démocratiques, les exigences de liberté et de responsabilité qui doivent demeurer son fondement.

Deux vœux peuvent être proposés en guise de conclusion. Le premier est formulé par le Président de la République lorsqu'il déclare, après avoir évoqué la révolution que représentent la généti-

que et les immenses espoirs qu'elle suscite: *«Qu'on lui laisse donc le temps de s'assagir, d'enrichir et de stabiliser son rôle théorique et expérimental par la recherche fondamentale. De longs chemins doivent être parcourus; il faut être patient... Toute application fait émerger dans le public des interrogations qui doivent recevoir des réponses argumentées et complètes. Qu'on lui laisse le temps de s'éclairer par une réflexion éthique rassemblant en débats responsables toutes les familles de pensée».*

Appel à un moratoire, n'est-il pas vrai, au moins pour certaines applications.

Le deuxième vise une profonde mutation de nos systèmes éducatifs pour que les acquis du développement scientifique et technique soient bien intégrés au cœur de toute culture humaine dans une perspective, lointaine certes, mais attrayante, du progrès de l'humanisation. Prise de conscience de ce que la science peut faire et de ce qu'elle ne peut pas faire, de ce qu'elle doit faire et ce qu'elle ne doit pas faire et perspective lucide de ce que l'homme peut aspirer à devenir.

L'HOMME FACE AU DÉVELOPPEMENT DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE ET DE SES APPLICATIONS: RISQUE, PRÉCAUTION, DÉCISION, RESPONSABILITÉ

ANDRÉ BLANC-LAPIERRE

1. L'HOMME ET LE DÉVELOPPEMENT SCIENTIFIQUE

L'évolution de la science et des techniques, et celle de leurs interactions avec la vie de la société se sont prodigieusement accélérées au cours des dernières décennies.

La science a fortement influé sur l'histoire de l'humanité:

– d'une part, en faisant accéder l'homme à une meilleure *connaissance de l'Univers* (de la matière et de la vie) et à une meilleure *compréhension des mécanismes de ce dernier*,

– d'autre part, en mettant à sa disposition des *moyens* qui, à travers le développement des *techniques*, ont bouleversé ses conditions de vie.

Lorsque l'on considère l'évolution scientifique récente, on ne manque pas d'être frappé en constatant, d'une part, que de nombreux résultats, parmi les plus importants, ne sont obtenus qu'au prix d'une spécialisation très poussée et, d'autre part, que des progrès essentiels, aussi bien dans le domaine de la science pure que dans celui de la science appliquée, n'ont été possibles que grâce à la mise

en commun de modes de pensées et de techniques relevant de disciplines que l'on considèrerait volontiers comme distinctes et clairement séparées. Il n'y a là qu'une apparence de contradiction: l'immense étendue qui s'offre à la recherche scientifique doit être labourée en tous sens et l'homme de science ou l'ingénieur, pour creuser son sillon, doit prendre de grandes libertés avec les limites de propriétés, et la spécialisation, sans aucun doute nécessaire, peut tout aussi bien se localiser dans des domaines frontières entre disciplines traditionnelles qu'en plein coeur de l'une d'elles. D'ailleurs, des disciplines nouvelles ont vu le jour: par exemple, pour rester dans un domaine que j'ai fréquenté, la théorie du signal et de la communication, l'automatique, l'informatique, ...

L'accroissement de la connaissance est un bien sans équivoque qui s'intègre dans le *développement culturel*. C'est dans cette perspective que, dans son discours à l'U.N.E.S.C.O. (Paris, 2 juin 1980), Sa Sainteté Jean-Paul II a mis l'accent sur l'étroitesse des liens réunissant les problèmes relatifs au développement de la science, à la culture, ...à l'avenir pacifique de l'homme sur la terre: «*Nous nous trouvons en présence, pour ainsi dire, d'un vaste système de vases communicants: les problèmes de la culture, de la science et de l'éducation ne se présentent pas, dans la vie des nations et dans les relations internationales, de manière indépendante des autres problèmes de l'existence humaine, comme ceux de la paix ou de la faim. Les problèmes de la culture sont conditionnés par les autres dimensions de l'existence humaine tout comme, à leur tour, celles-ci les conditionnent*».

La situation est moins claire si on se focalise sur *l'utilisation des moyens qui résultent de l'accroissement de la connaissance*. Ceux-ci peuvent être utilisés pour le bien, mais aussi, hélas, pour le mal de l'homme. A côté des immenses *progrès* réalisés, par exemple dans le domaine des facilités de communications entre les hommes (transports, télécommunications...), dans l'agriculture, dans la santé, dans la production d'énergie et de matériaux..., il y a, tout aussi immenses, les *dommages* découlant de l'efficacité accrue des moyens de destruction. *Le risque de détournement vers le mal de connaissances et de techniques nouvelles*, pourtant susceptibles d'apporter du progrès ou, même, d'abord développées dans ce but,

existe sans aucun doute. Mais il y a plus. *Toute réalisation* (par exemple, équipement de travaux publics, moyens de communication, filière de production d'énergie, intervention médicale,...) *comporte un risque. Toute action comporte un risque*. En poussant peut-être à l'extrême, *tout produit comporte un risque* (c'est la dose qui crée le poison!). De tout temps, l'homme a été confronté aux risques (inondations, épidémies, tremblements de terre, guerres...). Mais, avec l'industrialisation, la prise en compte des accidents du travail, le développement des assurances, ... et, aussi, avec un changement des mentalités, la notion de risque prend de nos jours, une place de plus en plus grande dans la vie quotidienne, dans les préoccupations journalières, dans les médias... et, avec la sourde inquiétude engendrée par la crise contemporaine, le regard porté par la société sur le danger est en train de changer. Certes, il y a, à cela, des causes objectives, mais aussi la manifestation d'une certaine perte de confiance en l'avenir que beaucoup de signes, cependant, devraient nous conduire à regarder avec plus d'optimisme, par exemple, pour n'en citer qu'un, la croissance spectaculaire, depuis le début du siècle, de l'espérance de vie.¹ Il faut, cependant, noter l'immense et irrationnelle disproportion entre les risques considérables liés au *comportement individuel* (règle de vie, tabac, drogue, vitesse excessive en auto, ...), choisis ou tout au moins acceptés par certains, et ceux, très souvent exagérés imputés au *milieu*. Je citerai ici, volontiers, Maurice Tubiana.²

«Toutes les innovations, qu'elles concernent les technologies, les aliments, les produits, ainsi que les comportements et les pratiques, sont aujourd'hui soumises à une critique permanente qui fragilise les

¹ Cf. *Risque et Société*, publié sous la direction de Maurice Tubiana, Constantin Vrousos, Catherine Carde, Jean-Pierre Pagès – Colloque «Risque et Société», Paris, 1998. Voir page 24:

Espérance de vie à la naissance

1900		1980		1997	
H	F	H	F	H	F
44	45	70,2	78,4	74,2	82,1

² Cf. (1) ci-dessus [texte sur la couverture] et (2) *L'éducation et la vie* par Maurice Tubiana, Paris, 1999.

processus décisionnels et déstabilise les pouvoirs. Quel est donc, dans cette critique, le poids des incertitudes et des faits incontestables? Est-elle la conséquence d'une frilosité grandissante des populations ou résulte-t-elle de la montée en puissance d'un certain nombre de contre-pouvoirs? Découle-t-elle des avancées de la prévention, les plus petites anomalies tendant aujourd'hui à pouvoir être détectées? Ou, encore, résulte-t-elle de nouveaux principes d'action élaborés pour mieux préserver le cadre de vie des générations futures?».

En écho à la dernière phrase empruntée ci-dessus, à Maurice Tubiana, je signale que l'Académie d'Agriculture de France organise, durant ce premier trimestre de l'année 2000, une série de conférences sur le thème général: «Quelles certitudes et quelles inquiétudes notre siècle léguera-t-il au siècle suivant?».

2. PRINCIPE DE PRÉCAUTION, BÉNÉFICES ESPÉRÉS, RISQUES REDOUTÉS, COÛTS

2.1. Introduction – Rappels historiques

Les interrogations sur le thème «Progrès et risques» ne sont pas des plus récentes. Reportons-nous deux siècles en arrière, au début de l'utilisation des machines à vapeur, vite suivies par l'avènement du chemin de fer et des bateaux à vapeur.

L'Académie des Sciences s'est beaucoup intéressée aux machines à vapeur, à leur fonctionnement et, aussi, aux mesures de sécurité correspondantes. Le décret du 15 octobre 1810 et l'ordonnance du 14 janvier 1815, relatifs aux établissements insalubres ou incommodes, ne s'étaient occupés de machines à vapeur qu'ils désignaient sous le nom de «pompes à feu» qu'au titre des inconvénients de la fumée pour le voisinage.³ Le 14 avril 1823, l'Académie approuva un rapport établi par MM. de Laplace, de Prony,

³ Cf. *Oeuvres complètes de François Arago*, publiées d'après son ordre sous la direction de Barral M.J.-A., tome V, p. 179, 1855, édité à Paris, par Gide et Baudry, 5 rue Bonaparte, et à Leipzig, par Weigel T.O., Königsstrasse.

Ampère, Girard et Dupin sur les avantages présentés par les machines à moyenne et haute pression et sur les dangers à éviter dans leur utilisation.⁴ Outre la prescription de l'emploi de soupapes de sûreté et de rondelles fusibles dont l'étude sera poursuivie par l'Académie durant plusieurs années, ce rapport recommande la construction de murs d'enceinte de protection d'un mètre d'épaisseur entre la chaudière et toute maison d'habitation. Il recommande aussi de rendre publics tous les accidents en mentionnant leurs causes et effets, le nom des manufactures où ils sont arrivés ainsi que celui des fabricants des machines. On trouve là, il y a plus d'un siècle et demi, des préoccupations qui, *mutatis mutandis*, ne nous sont pas étrangères: *enceintes de confinement*, nécessité d'une *bonne information*, d'une *bonne transparence*, avec l'organisation minutieuse de ce que l'on appelle, maintenant, le *retour d'expérience*. Il est intéressant de noter le dernier alinéa du rapport: «Avec les précautions que nous proposons, nous ne rendrons pas les explosions impossibles, parce que la chose n'est pas au pouvoir de la science ; mais nous les rendrons rares et d'un dommage limité. Nous sommes partis de ce principe que tout moyen mécanique entraîne avec lui des dangers, et qu'il suffit que ces dangers ne dépassent pas une chance de probabilité très faible pour qu'on doive, nonobstant leur probabilité, continuer d'employer les procédés d'industrie qui les font naître». Les conclusions de ce rapport ont été, pour l'essentiel, reprises dans l'ordonnance du roi portant règlement sur les machines à feu à haute pression du 29 octobre 1823.⁵

2.2. Le principe de précaution

Il est né avec la croissance de préoccupations relatives à la *santé*, à la préservation de *l'environnement*, à la recherche des conditions d'un *développement durable*... et, de façon plus précise, il est apparu

⁴ *Procès verbaux des séances de l'Académie des Sciences*, VII, 1820, 1823, p. 470-479.

⁵ *Bulletin des lois du royaume de France*, 7ème série, tome 17, n° 615 à 649, p. 30, Paris, Imprimerie royale. Février 1824.

sur le plan international à un moment où s'exprimaient les craintes d'un *changement de climat dû à l'effet de serre*. La déclaration de Rio stipulait en 1992: «*en cas de risque de dommage grave ou irréversible, l'absence de certitudes scientifiques absolues ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement*». La France est l'un des rares pays qui ait introduit ce principe dans sa législation. La loi Barnier, du 2 février 1995, sur le renforcement de la protection de l'environnement stipule que «*l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable*». Il y a un certain décalage entre la déclaration de Rio qui parlait de dommages graves ou irréversibles et la loi française qui dit graves et irréversibles. De plus, la loi Barnier précise que *le coût doit être économiquement acceptable et préconise une proportionnalité entre le risque et les mesures à prendre, proportionnalité qui nécessiterait l'évaluation de la grandeur du risque et du coût des mesures*. Il faut noter que le texte de Rio, comme celui de la loi Barnier, sont des *énoncés d'action* raisonnable, même en présence d'incertitudes, alors que le principe de précaution est souvent invoqué pour justifier des décisions négatives, l'arrêt d'une action, un moratoire...

Le fait que les solutions doivent respecter une *proportionnalité* entre le risque et les mesures à prendre est aussi présent, peut-être de façon plus implicite, dans les sigles ALARA («*As Low As Reasonably Achievable*»), très utilisé dans le nucléaire, et BATNEEC («*Best Available Technology Not Entailing Excessive Cost*»), utilisé dans nombre de traités internationaux à propos de mesures à prendre dans des problèmes d'environnement.

On peut discuter pour savoir si, compte tenu d'incertitudes scientifiques ou techniques, de la nécessité éventuelle de recherches et d'observations supplémentaires auxquelles on ne peut assigner de délais, le principe de précaution est un *principe juridique*, l'expression du *bon sens* ou une *règle d'éthique*. Il semble que suivant l'approche classique fondée sur le lien entre connaissance scientifique

et action, l'idée de précaution aurait dû, à Rio, conduire à deux décisions:

1 – pousser au maximum les études scientifiques sur les relations entre les activités humaines (production de CO₂ et des autres gaz à effet de serre) et les modifications climatiques.

2 – étudier les modes de production – et leurs coûts – de quantités notables d'énergie sans production de gaz carbonique et les encourager.

Le *protocole de Kyoto* (10 décembre 1997) traduit la détermination des participants d'opérer une *réduction significative des émissions des gaz à effet de serre* à l'échelle de la planète. Chaque participant s'est engagé à atteindre, au cours de la période 2008-2012, un certain niveau de réduction correspondant à un pourcentage donné de ses émissions en 1990, la réduction globale, pour l'ensemble des participants, s'élevant à 5 % (8 % pour la Communauté Européenne). De plus, ce protocole prévoit (en plus de mesures contraignantes: taxes, règlements) un système dit *d'échange de droits d'émission* permettant aux parties qui peuvent obtenir des réductions supérieures à leur engagement de vendre leurs surplus à d'autres incapables de tenir les leurs. Il était prévu que ce protocole entrerait en vigueur quatre-vingt-dix jours après sa ratification par au moins cinquante-cinq participants regroupant au moins 55 % de l'émission totale au cours de l'année de base 1990. Cette ratification est, à ce jour, loin d'être atteinte. La prochaine conférence sur le climat aura lieu à La Haye en Novembre 2000. La grande question sera la mise en oeuvre du *marché des «droits d'émission»* – appelé par certains *«droits de polluer»* qui paraît inévitable si l'on veut atteindre globalement les objectifs de Kyoto pour 2008-2012. Le principe d'un tel marché est simple. Chaque pays, ou groupe de pays, se voit attribuer un quota de rejets de gaz à effet de serre. C'est ce que l'on appelle son *droit d'émission*. Un pays qui produit plus de CO₂ que ce qui correspond à son droit d'émission, peut acheter à un état qui, lui, en produit moins, l'excédent de droits à polluer de ce dernier. Au total, les quotas sont respectés et la pollution globale de l'ensemble des pays ne dépasse pas le plafond fixé. Un avantage: les réductions d'émission de CO₂ auront tendance à avoir lieu dans les pays où cela coûte le

moins cher. Un risque: que des états se limitent à ces échanges en se dispensant de tout effort de diminution de rejets sur leur propre territoire. Un sujet important de discussion réside dans le fait de décider si ces échanges seront régulés par une réglementation fixée par les Etats, ou, simplement, par la loi du marché. Une grande difficulté provient de la Russie et de l'Ukraine, qui, par suite de l'effondrement de leur économie, ont vu leurs émissions de gaz carbonique massivement chuter au-dessous du niveau de 1990 et, par conséquent, possèdent, d'ores et déjà, des quotas virtuels à vendre, dont la mise rapide sur le marché pourrait, en l'absence de régulation, provoquer une chute importante des prix. Sans entrer ici dans le détail des modèles déjà élaborés, pour mettre en avant une valeur d'achat probable de la tonne équivalent carbone (TEC), il n'est pas déraisonnable de penser que celle-ci pourra être de l'ordre de 400 à 500 francs, ce qui doublera nettement le coût de la filière charbon dans la production de l'énergie et, par suite, entraînera la chute rapide de celle-ci. L'utilisation du gaz croîtra fortement, cette croissance pouvant d'ailleurs entraîner une certaine augmentation de son prix. Il faut, par ailleurs, avoir présent à l'esprit que la lutte contre l'effet de serre devra être poursuivie bien au-delà de l'objectif 2008-2012 et que de nouvelles mesures coûteuses et contraignantes devront être envisagées.

Un rapport sur le principe de précaution⁶ a été remis, en novembre dernier, par les Professeurs Philippe Kourilsky et Geneviève Viney à Lionel Jospin, sur la demande de celui-ci. Je me borne à noter ici que, contrairement à certaines utilisations qui sont faites de ce principe, notamment par des groupes de pression, ces auteurs déclarent, sans ambages que, comme cela a déjà été mentionné, il s'agit d'un «*principe d'action et non d'abstention*». Je cite: «*...il serait dangereux de concevoir la précaution comme une incitation systématique à l'inaction. C'est pourtant là une représentation assez largement répandue dans l'opinion, de telle sorte qu'il paraît souhaitable d'indiquer que la suspension et le moratoire ne sont que des solutions sub-*

⁶ *Le principe de précaution*, Rapport au Premier Ministre, présenté par Philippe Kourilsky et Geneviève Viney, 29 novembre 1999.

sidiaires qui doivent, en principe, être évitées lorsque le risque peut être ramené à un niveau acceptable». Le mot «acceptable» marque la *prudence* et le *caractère relatif* qui s'attachent nécessairement à tout énoncé du principe de précaution. On retrouve cette prudence dans la formulation qui en est proposée par ces auteurs:

«Le principe de précaution définit l'attitude que doit observer toute personne qui prend une décision concernant une activité dont on peut raisonnablement supposer qu'elle comporte un danger grave pour la santé ou la sécurité des générations actuelles ou futures, ou pour l'environnement. Il s'impose spécialement aux pouvoirs publics qui doivent faire prévaloir les impératifs de santé et de sécurité sur la liberté des échanges entre particuliers et entre Etats. Il commande de prendre toutes les dispositions permettant, pour un coût économiquement et socialement supportable, de détecter et d'évaluer le risque, de le réduire à un niveau acceptable et, si possible, de l'éliminer, d'en informer les personnes concernées et de recueillir leurs suggestions sur les mesures envisagées pour le traiter. Ce dispositif de précaution doit être proportionné à l'ampleur du risque et peut être à tout moment révisé».

La longueur du texte et les précautions (au sens vulgaire du terme) prises dans son énoncé, montrent la difficulté de la question.

La Commission des Communautés Européennes, vient, elle aussi, de publier tout récemment un rapport [COM (2000) 1] «Sur le recours au principe de précaution».

2.3. Analyse bénéfices-risques

Se fait-on une claire représentation des bénéfices et des risques associés à une action?

Il n'est pas toujours évident, face à la possibilité d'une nouvelle technique, à la perspective d'une innovation, de faire la part exacte des bénéfices à espérer et des risques à craindre. Arago, pourtant partisan du progrès technique et, en particulier, du développement des chemins de fer, peut-être emporté par son éloquence méridionale, prononça le 13 juin 1836, devant la Chambre des Députés la phrase malheureuse suivante, qu'on lui a tant reprochée, à propos des risques que feraient subir à la santé des voyageurs les brusques varia-

tions de température à l'entrée d'un tunnel: «J'affirme sans hésiter que, dans ce passage subit (d'une température à une autre très différente), les personnes sujettes à la transpiration seront incommodées, qu'elles gagneront des fluxions de poitrine, des pleurésies, des catarrhes...». Toujours dans le domaine des chemins de fer, la catastrophe du Paris-Versailles, le 4 mai 1842, prit des proportions considérables parce que, *par mesure de prudence*, les voyageurs étaient, alors, enfermés dans leurs voitures, en bois, et brûlèrent avec elle.

Des facteurs psychologiques entrent aussi en jeu: préfère-t on gagner mille francs à coup sûr ou soit deux mille francs avec une probabilité (1/2) et rien du tout avec, aussi, une probabilité (1/2)? L'analyse bénéfices-risques apparaît très peu présente si l'on est devenu esclave de la recherche de satisfactions immédiates sans préoccupations portant sur les conséquences (tabac, drogue, vitesse en voiture, ...).

L'analyse bénéfices-risques doit découler d'une *réflexion rationnelle* bien conduite appuyée sur des *faits expérimentaux établis*. Voici quelques questions qu'il faut, évidemment, se poser:

S'agit-il d'une décision à *portée individuelle* ou d'une décision à *portée collective* intéressant une partie de la population, souvent faisant intervenir la puissance publique: grands équipements, politique de santé, alimentation, éducation nationale, ...? Les probabilités mises en jeu ne seront pas les mêmes; je dirais même que, dans le second cas, *sous réserve de respecter certains seuils liés à la protection des individus, le décideur travaillera davantage sur des espérances mathématiques portant sur la collectivité plutôt que sur des probabilités individuelles*. La distinction entre individuel et collectif n'est pas toujours nette, puisque les mécanismes de solidarité et de sécurité sociale reportent souvent sur la collectivité les charges de décisions prises dans le cadre individuel.

A-t-on étudié au mieux l'étendue des domaines concernés par les conséquences de la décision envisagée

– *dans l'espace* (ville, région, ..., terre entière).

– *dans le temps* (court terme, moyen terme, long terme).

C'est dans ce contexte que se situent la *protection de l'environnement* et le *souci d'un développement durable*.

A-t-on analysé les problèmes soulevés dans les domaines

– *économique* (coût, compétition avec d'autres pays, vie des entreprises...)

– *social* (plein emploi, chômage, exclusion, convivialité, désir des populations, acceptabilité par la société, ...).

– *politique*

– *moral*

Dans ces analyses, il faut bien distinguer le rôle du scientifique, du technicien, du politique, du citoyen... Naturellement, ces rôles peuvent coexister en un même individu ; il est alors essentiel, pour la clarté des débats, que, lorsque cet individu donne un avis, il manifeste clairement à quel titre il le donne.

J'ajoute, aussi, trois sortes de considérations qui me paraissent importantes dans l'analyse bénéfices-risques et qui montrent la complexité de cette analyse.

– La première est relative au fait que beaucoup de décisions résultent de la *comparaison entre des solutions mettant en jeu des bénéfices différents et des risques différents*.

– La seconde est relative aux *coûts*.

– La troisième concerne les *moyens humains*.

a) *Nécessité de comparer des solutions mettant en jeu des bénéfices différents et des risques différents*.

Prenons brièvement, et à titre d'exemple, le domaine de *l'énergie*. Pour définir une politique énergétique, un gouvernement, face aux diverses filières possibles, doit chercher à concilier, en tenant compte de ses ressources propres et de ses besoins en énergie prévisibles, le souci d'une sécurité d'approvisionnement et de prix (crises pétrolières, ...), celui de la protection de son environnement, celui de la minimalisation des risques dus aux transports (marée noire, ...) à l'élimination des déchets (nucléaire, ...), à l'effet de serre (charbon, pétrole, gaz), des risques dus aux accidents (accidents de fonctionnement, accidents dans les mines...); il n'y a pas de mesure commune permettant une comparaison complète et objective de tous ces risques. Pour chacun d'eux, le pouvoir doit se faire éclairer par une *expertise crédible* (scientifique, technique, économique, sociologique, ...); c'est lui qui est responsable de déci-

der après les consultations politiques requises, et en évitant de céder à l'idéologie de groupes de pression. Il doit assumer la responsabilité de sa décision.

b) *Remarques importantes concernant les coûts.* La sécurité n'a pas de prix, mais elle a un coût et la recherche d'une sécurité de plus en plus grande dans un domaine engendre des dépenses dont le montant croît très vite. Dès que l'on a atteint un certain niveau de sécurité, il est raisonnable de se demander si, au lieu d'ajouter encore des dépenses supplémentaires dans ce même domaine, il ne serait pas préférable d'affecter celles-ci à d'autres besoins, par exemple à des secteurs où la sécurité est moindre.

Il faut noter la difficulté que peut rencontrer un décideur pour avoir une estimation fiable du coût. *Certains projets sont manifestement sous-évalués*, par suite d'une étude trop hâtive, ou même pour qu'ils aient plus de chances d'être acceptés... Et l'on demande, pendant leur réalisation, des *rallonges budgétaires* qui ne résultent guère d'aléas techniques... Pour d'autres, on n'a pas étudié soigneusement et clairement présenté les *dépenses de fonctionnement* qui nécessairement devront suivre la réalisation.

Enfin, les grands projets concernant, par exemple, l'énergie, les télécommunications, les transports, la défense... mobilisent des budgets tellement supérieurs à ceux que manient les citoyens qu'il est très difficile, pour ces derniers, de se faire une idée comparative de leurs coûts, à moins que, ce qui est rarement fait de façon claire par les médias, on ne fournisse, pour chacun d'eux, des repères de comparaison. Que signifie le fait que Superphenix a, pour l'ensemble d'une dizaine d'années, coûté environ 50 milliards de francs, si on ne donne pas, simultanément quelques ordres de grandeur fixant le niveau des dépenses énergétiques (ou de production d'électricité), en France, pour une année, ou, surtout, si on ne chiffre pas ce que les promoteurs attendaient du développement de la filière à neutrons rapides?

c) *le choix des hommes.* C'est souvent la clef du succès ou de l'échec. Un projet n'a guère de chance de conduire au succès que si on peut le confier à un homme ou à un groupe d'hommes enthousiastes, compétents, obstinés et prêts à souffrir pour sa bonne réalisation.

2.4. Aspect probabiliste du risque

Dans toute réalisation – et même si le souci de la sécurité a été très présent – existe un risque résiduel, «dû au hasard», résultant généralement de l'enchaînement fortuit d'événements malheureux, chacun lui-même aléatoire, et dont, la plupart du temps, aucun, à lui tout seul, ne présente de gravité notable, mais qui, intervenant tous ensemble, peuvent conduire à une catastrophe. Peut-être suffirait-il qu'un seul de ces événements n'ait pas lieu pour qu'il n'y ait pas d'accident. De façon assez étonnante, *l'analyse probabiliste du risque* n'a été développée qu'au début des années 1970, avec le rapport de N. Rasmussen, de l'US Nuclear Regulatory Commission. Ce rapport réalise la première analyse générale de centrales nucléaires. Il étudie un vaste spectre d'accidents possibles, donne les probabilités d'occurrence des scénarios correspondants et en évalue les conséquences. Les méthodes probabilistes ont été appliquées aux domaines les plus divers. Elles mettent en jeu les études systématiques des *arbres de défaillance*, des *initiateurs d'accidents*, des *graphes d'états*...

Une certaine réserve que l'on pourrait appeler «populaire» s'est manifestée à l'égard des méthodes probabilistes. Elle tient, en gros, à deux sortes de raisons:

– d'une part, la notion de probabilité n'est pas toujours bien perçue. Si on a tiré cent fois pile, on pense souvent que face va sortir, oubliant, ce faisant, que, comme l'avait si bien dit Joseph Bertrand, il y a plus de cent ans, «*la pièce de monnaie n'a ni mémoire, ni conscience*».

– une autre difficulté plus profonde tient au fait que les accidents à considérer, bien que, parfois, d'une grande gravité, ont une *probabilité* très petite et que la notion de *fréquence*, beaucoup plus parlante que celle de probabilité, n'est, parfois, guère accessible à l'échelle de la vie humaine.

Du côté des spécialistes, une grande attention est portée au point suivant: on travaille sur des modèles, par exemple modèles de centrales nucléaires existantes, dont on veut mieux contrôler et améliorer le fonctionnement et la sûreté, et pour lesquelles on a un *retour d'expérience*, ou modèles liés à des «centrales virtuelles» s'il s'agit de

nouvelles réalisations projetées. Naturellement, il faut améliorer ces modèles en permanence et il est, en particulier, essentiel de s'assurer avec le plus grand soin que l'on n'a pas considéré comme indépendantes des défaillances qui, en fait, sont liées. La probabilité de se trouver face aux défaillances simultanées de trois organes indépendants ayant chacune une probabilité de 10^{-3} est de 10^{-9} . Au contraire, si ces trois défaillances sont conséquence l'une de l'autre, cette probabilité reste de 10^{-3} . C'est le problème du dépistage de tous les *modes communs*: liés à la panne d'une alimentation partagée, à un incendie, ... Actuellement, les systèmes de commande hydraulique sont triplés sur les avions de ligne. Il est clair que l'accroissement considérable de sécurité dû à cette redondance disparaîtrait s'ils avaient une alimentation commune dont une panne les paralyserait simultanément.

Que signifient les valeurs de probabilités auxquelles conduit l'analyse probabiliste? Que signifie, par exemple, le fait de dire que la probabilité de perte totale des commandes d'un avion de ligne est de l'ordre de 10^{-9} /heure? Il faut bien voir que de tels chiffres sont liés aux modèles considérés, ce qui relativise quelque peu leur valeur, même si ces modèles sont, comme cela a lieu, améliorés en permanence par les retours d'expérience.

Cependant, si, en utilisant le même modèle, on gagne un facteur 10, on peut admettre que la sûreté a, elle aussi, gagné un facteur du même ordre; ainsi les analyses qu'impliquent l'utilisation de ces méthodes, sont-elles source majeure d'amélioration de la sécurité.

3. ACTION: DÉCISION-RESPONSABILITÉ-CONSÉQUENCES

3.1. La prise de décision

Toute *action* implique des *décisions* faisant intervenir des *choix* dont chacun met en jeu un certain nombre de *possibles*. Dans une situation donnée, ou face à un problème donné, on peut:

– *ne rien faire, laisser «pourrir»*. Délibérée ou fruit d'une certaine passivité inconsciente, cette attitude constitue déjà un choix en ce

sens ce qu'elle marque l'avenir et qu'on en aura les conséquences. Ne rien décider est toujours très dangereux, car cela revient à se laisser balloter, au gré des événements, entre plusieurs solutions et parfois, accumuler leurs inconvénients. Si, après une étude sérieuse et des consultations avisées, on n'arrive pas à trancher, il vaut souvent mieux *tirer au sort* que de *laisser courir*.

– *choisir entre plusieurs solutions*: à chacune d'elles seront attachés *l'espoir de bénéfices* ou la *Crainte liée aux risques*. Ne fixer son attention que sur le bénéfice et le risque relatifs à une seule des solutions possibles n'a aucun sens: on doit les comparer aux bénéfices et aux risques associés aux autres solutions sans oublier celle qui consiste à ne rien faire. Avant de proscrire une technique pour éliminer ses risques, il faut se demander si, ce faisant, on ne se condamne pas à en accepter une autre tout aussi dangereuse sinon plus. Par exemple, il ne faut pas qu'une hostilité irraisonnée à l'énergie nucléaire face oublier que la combustion du charbon ou des hydrocarbures crée des produits cancérigènes et contribue à rendre plus aigu le problème du gaz carbonique.

L'analyse du bilan bénéfices-risques est d'autant plus difficile qu'elle fait intervenir des facteurs de natures très diverses: progrès escomptés, sécurité des personnes, conséquences économiques, acceptabilité par les populations...

Même après une bonne *expertise scientifique, technique*, à un degré moindre *économique* (les marchés ont parfois des variations rapides) et *sociale* (en exagérant quelque peu, on peut dire qu'un risque n'est acceptable que s'il est accepté), le décideur, par exemple le gouvernement, doit, avant de fixer sa décision sur un problème donné, intégrer celui-ci dans sa politique d'ensemble. À ce niveau-là, il est inévitablement soumis à de multiples influences, parfois si importantes que l'on peut se demander où est le *pouvoir*:

- influence de l'économie, du marché, de la bourse...
- souci des problèmes sociaux
- politique étrangère
- influence de groupes de pression
- souci de conserver une majorité.
-

À ce niveau-là, un gouvernement doit garder son cap: *il prend la décision et en est responsable.*

Je donne deux exemples où une telle responsabilité a été pleinement assurée – et dans la clarté.

a) à Francis Perrin, haut-commissaire à l'énergie atomique, voulant convaincre le général de Gaulle qu'il ne fallait pas que la France construise la bombe A, le général répondit: «*Monsieur le haut-commissaire, la France doit avoir l'arme atomique parce que c'est la France*» (communication privée de F. Perrin à l'auteur).

b) Georges Pompidou modifie, en faveur de l'espace et de la réalisation d'un lanceur français, une proposition budgétaire du Comité Consultatif de la Recherche Scientifique et Technique en disant: «*Je tiens à ce que la culture française puisse être diffusée par des moyens dont nous serons maîtres, en particulier à tous les pays francophones; donc je ne peux abandonner le lanceur*» (communication à l'auteur par A. Dejou, membre du Comité Consultatif, présent à la réunion chez Georges Pompidou).

Une remarque qui me paraît essentielle. Le choix fait au moment où la décision est prise, même s'il résulte de l'étude la plus objective et la plus poussée qu'il soit, ne se révélera par la suite comme étant le bon choix qu'à la condition que le processus qu'il déclenche soit suivi avec vigueur et attention de façon à ce que les conditions requises à son bon déroulement soient constamment satisfaites et que les règles de sécurité édictées soient en permanence mises à jour pour profiter de l'expérience acquise. *C'est dans la durée qu'il faut agir, avec continuité de dessein.* Une décision implique le choix de *procédures* de suivi, de moyens à affecter dans le temps (que de réformes, bonnes en principe, ont eu des résultats négatifs parce que les moyens n'ont pas suivi). Il faut aussi prévoir des *clignotants* permettant de déceler si l'action engagée ne s'écarte pas, dans son évolution, du but recherché.

3.2. Responsabilité – Implications judiciaires

La situation d'un *juge* qui doit, a posteriori, rendre un *verdict* sur une affaire (litige, plainte, dommage) portant sur une décision passée est très différente. Pour lui, il ne s'agit pas de comparer plusieurs

politiques éventuelles et d'en choisir une, ce qui est l'affaire des pouvoirs législatif et exécutif, mais de dire si, dans les actes effectués, la loi a été respectée, les textes réglementaires observés, les normes de sécurité satisfaites, si les acteurs ont rempli les devoirs de leur charge et n'ont pas fait de faute professionnelle...

Il est absolument essentiel, pour juger une action, *de se reporter aux connaissances scientifiques et techniques ainsi qu'à la législation correspondant au moment de l'action et non au moment du jugement*. En ce qui concerne la question «Précaution et droit de la responsabilité», je tiens à citer un texte de Marceau Long Vice-Président honoraire du Conseil d'Etat (texte repris dans le rapport de ce conseil en 1998): *«Je suis, pour ma part, sensible à tout ce que nous apporte la précaution. Ma conclusion personnelle est cependant qu'elle n'est encore, même lorsqu'elle est prévue par les textes, qu'un principe politique. Si la précaution de nous met pas à l'abri des risques, elle peut parfois permettre d'y échapper, bien plus souvent d'éviter ou d'atténuer leurs conséquences dommageables. Gardons-nous d'en tirer trop vite le principe a contrario: s'il y a dommage, il y a eu manque de précaution et d'en faire un fondement de la responsabilité»*. Il ne faudrait pas que selon une notion de *«responsabilité sans faute»*, on puisse être responsable de ce que l'on *devait savoir*, ce qui est classique, mais, aussi, de ce dont on *devait ou aurait dû se douter*. Ce texte traduit une méfiance vis-à-vis de la transformation du principe de précaution en norme juridique et, plus particulièrement, vis-à-vis de l'incertitude sur les suites qui pourraient découler de cette transformation. Il y a, cependant, des auteurs qui avancent l'idée que le principe de précaution pourrait être assimilé à un *«standard de jugement»*, c'est-à-dire à une règle souple, laissée à la disposition du juge qui en définirait progressivement la portée, en fonction des intérêts en jeu. Il m'est bien difficile, mais je suis physicien, de ne pas m'étonner de toute la distance qui sépare la signification du mot principe dans ce type de question de celle qu'il a, lorsqu'on parle de principe de conservation de l'énergie, de Carnot, de moindre action, ...

Tout ceci se complique d'autant plus qu'à côté des problèmes de *répression* et de *réparation* qui, traditionnellement, concernaient respectivement la société et les victimes, resurgit l'idée archaïque de

vengeance ..., que de nombreuses affaires qui relèvent de la *responsabilité civile et administrative* sont maintenant traitées au *pénal*, en particulier plus rapide et moins onéreux (la preuve passant souvent ainsi de la charge du plaignant à celle de l'État).

4. LE RÔLE DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE. FORMATION – INFORMATION – EXPERTISE

Je voudrais, pour terminer, insister sur le rôle que doivent jouer la communauté scientifique, les Académies des Sciences, les Académies des Sciences Morales et Politiques, les Universités, les établissements d'enseignement ..., pour que, *sans qu'aucune concession soit faite sur la réalité des risques et leur évaluation raisonnable*, diminue la crainte excessive et souvent irrationnelle qui se manifeste actuellement et peut paralyser le goût de chercher et celui d'entreprendre. J'aborderai rapidement trois directions:

- *la formation des jeunes*,
- *l'expertise*,
- *l'information du public*.

4.1. *La formation des jeunes, soit directement, soit en intervenant dans l'élaboration des programmes d'études*

Je crois qu'il est essentiel dans le monde actuel, de développer l'enseignement des sciences expérimentales, de faciliter le contact direct avec le réel (les personnes, la matière...), de bien faire comprendre que les *modèles*, si utiles soient-ils, ne sont valables que dans le cadre de certaines hypothèses et de certaines approximations, et qu'il faut toujours revenir à leur validation par la réalité qui a pu changer.

L'enseignement doit s'efforcer de développer *l'esprit critique, l'aptitude à réfléchir*, qui permettent de prendre du recul, de trier et de faire le point dans le flot des informations, vérités ou contre vérités, qui déferlent.

Je crois encore que nos jeunes ne sont pas assez tôt mis en contact avec la notion de probabilité, je veux dire avec le sens pro-

fond réel de ce que sont les probabilités, les probabilités conditionnelles, la statistique, les notions de corrélation, d'indépendance... Quels sont les liens entre les notions de probabilité et de fréquence? Comment appréhender les phénomènes très peu probables?

Il me paraît important que les étudiants qui ne se destinent pas à des activités proprement scientifiques (juristes, littéraires, artistes, médecins, hommes de médias, candidats à des postes d'administration, ...) bénéficient, au cours de leurs études, d'une formation suffisante relativement à la démarche scientifique et à ses méthodes, et, ceci, au titre même du développement de leur propre culture. Il ne s'agit pas de détailler, pour eux, tel ou tel chapitre de la science, mais de leur faire saisir l'essence de la pensée scientifique, de son évolution et de son insertion dans la connaissance générale. Je pense d'ailleurs que cet enseignement ne serait pas des plus simples et nécessiterait des efforts de formation des enseignants eux-mêmes.

4.2. *L'expertise scientifique, technique et économique*

Lorsqu'un décideur, un homme politique, fait appel à *l'expertise* d'un scientifique, d'un technicien ou, plus généralement, d'un groupe de scientifiques, de techniciens, ceux-ci doivent les éclairer sur l'état *actualisé* de la connaissance scientifique et technique relative au problème considéré, éventuellement sur l'incertitude de cette connaissance, sur ce qui pourrait la réduire... et faire abstraction de ce qui relève de leurs intérêts personnels, de leurs propres convictions philosophiques, politiques... L'expertise doit être pluridisciplinaire et contradictoire. Elle doit aussi, évidemment, tenir compte des derniers progrès de la science et de la technique.

Dans le rapport sur le principe de précaution rédigé par Philippe Kourilsky et Geneviève Viney déjà cités, les auteurs préconisent d'organiser l'expertise en deux cercles interactifs mais distincts (cf. p. 41 de ce rapport): *«le premier est composé exclusivement d'experts pratiquant une analyse scientifique et technique. Le second comprend quelques experts représentant le premier cercle qu'il peut réinterroger sur des points jugés insuffisants ou obscurs. Son rôle principal est de procéder à une évaluation bénéfice/risque qui comprend une analyse économique et sociale. Les conclusions des deux cercles, aussi consen-*

suelles que possible, mais comportant les avis contradictoires confirmés, seront transmises au décideur».

Je pense que, s'il est absolument indispensable que les gouvernements, les ministères, aient leurs spécialistes, il n'est pas bon qu'ils créent leurs propres «Comités d'expertise», ceci pour sauvegarder l'indépendance des avis exprimés. Par contre, je crois que les Académies ont un grand rôle à jouer en offrant leur cadre à de tels comités. En plus des compétences qu'elles ont en leur sein, elles fournissent un lieu de réflexion indépendante dans lequel les experts réunis peuvent s'exprimer de façon infiniment plus libre que dans un cadre hiérarchique. Elles ont, par ailleurs, l'avantage de fournir un cadre adapté à la mise en oeuvre d'une expertise collective en général nécessaire dans l'étude des grands problèmes de société impliquant les technologies et dans les besoins en évaluation prospective qui sont les leurs. Je signale, à titre d'exemple, que les Académies des Sciences, l'Académie Nationale de Médecine, le conseil pour les Applications de l'Académie des Sciences, ont organisé, les 19 et 20 avril dernier, un colloque international sur le thème «Communication mobile: effets biologiques». Colloque dont l'objet était de faire le point sur l'état actuel de la connaissance sur ce sujet: dosimétrie – études sur l'homme – études animales et in vitro – évolution du contexte technique, économique et réglementaire – gestion des éventuelles alertes devant un danger potentiel... Etant donné la très rapide diffusion des mobiles, l'énorme enjeu industriel et commercial qu'ils représentent, et le fait que les études scientifiques et épidémiologiques ont encore peu de recul, il était tout à fait indiqué que ce débat ait lieu dans un tel cadre académique.

4.3. *L'information du public*

Il s'agit d'éclairer l'opinion publique sur l'état précis et actualisé des connaissances scientifiques disponibles relatives aux grands projets en cours en distinguant scrupuleusement ce que la science peut dire et ce qu'elle ne peut pas dire et en indiquant quels types de recherches pourraient améliorer ces connaissances. Il s'agit de lutter contre la confusion souvent faite entre les *sciences* et les *pseudo-sciences*, contre l'existence, dans les médias, d'un certain dénigrement de la science

et du progrès souvent présentés et perçus comme des menaces. Il faut lutter contre la *désinformation* du public par des *rumeurs* rapidement et habilement propagées basées sur des affirmations non vérifiées et souvent erronées. Ce contact avec le public, notamment à travers ceux qui influencent l'opinion: médias, associations, organisateurs de débats, ... peut poser des problèmes aux scientifiques car il faut faire preuve de grandes qualités pédagogiques pour trouver un langage commun, mais c'est là un effort indispensable.

Nous manquons de journalistes scientifiques et ils travaillent dans l'urgence. La communauté scientifique doit s'efforcer de les aider. C'est dans cette perspective qu'a été fondée l'association *Science-Contact* par l'Académie des Sciences et la Cité des Sciences et des Techniques de la Villette. Certes avec des moyens limités, cette association se propose de «*permettre aux journalistes d'avoir accès à des sources fiables d'information et ainsi, de contribuer à améliorer la qualité des informations scientifiques et techniques diffusées vers le grand public*». C'est, aussi, pour aider les journalistes à appréhender la gravité d'un incident ou accident nucléaire et leur permettre d'apprécier très vite le poids qu'ils doivent lui donner dans leurs articles, que le Conseil Supérieur de la Sécurité et de l'Information nucléaire a établi une *échelle de gravité* qui, dans ce domaine, joue un rôle analogue à celui de l'échelle de Richter pour les séismes.

Les médias eux-mêmes doivent faire de sérieux efforts dans le sens de la recherche d'une meilleure information, d'un souci de rectifications éventuelles. Il faut, aussi, que, eux, qui réclament, à juste titre, la transparence des expertises et des décisions, s'appliquent à eux-mêmes cette *obligation de transparence* et ne rejettent pas telle information ou tel point de vue au seul motif qu'ils ne coïncident pas avec leur orientation. Il manque un *code de déontologie des médias*.

5. EN MANIÈRE DE CONCLUSION: LES ATTITUDES CONTRASTÉES DE LA SOCIÉTÉ ACTUELLE FACE AU RISQUE

Le souci de réduire le risque est très présent dans tout ce qui précède. Pour certains, il est poussé à l'extrême jusqu'à la déraison –

dans l'aspiration au «risque zéro». Il y a, dans les domaines de vie courante de la société actuelle une exigence obsessionnelle de sécurité, de la piste de ski à la cour de l'école, du bloc opératoire au supermarché.

A l'opposé, à côté d'une économie relativement *traditionnelle*, répondant à des besoins connus s'exprimant en marchandises et services, on voit se développer une *nouvelle économie* autour de laquelle la spéculation se développe avec frénésie, économie offensive, qui réinvestit sans cesse, absorbe les firmes qu'elle peut s'offrir, se sépare sans hésitations des activités qui pourraient retarder sa progression et est prête à vendre son fond, ou une part importante de celui-ci, pour se lancer dans de nouvelles aventures. *La prise de risque, compensée par des promesses – ou tout au moins des espérances – de bénéfiques substantiels* joue un rôle essentiel dans la vie de cette économie.

Entre ces deux extrêmes, il est évident que *l'esprit d'initiative, l'esprit d'entreprise, l'esprit de recherche*, qui comportent nécessairement des risques, sont essentiels au progrès de l'humanité. Les actions qu'ils font naître doivent être attentivement pesées et réfléchies mais au mot précaution je substituerai volontiers celui de *responsabilité* qui me paraît tenir une balance plus optimiste et plus dynamique en réunissant le double devoir de l'homme, *d'agir* pour le bien de l'humanité et de le faire avec *prudence* et *sagesse*.

Enfin, c'est avec admiration qu'il faut regarder ceux qui acceptent de prendre des risques importants, *assumés par eux-mêmes non imposés à d'autres*, pour sauver quelqu'un ou défendre une cause qui leur paraît noble. On pense alors aux mots de *courage, d'espérance, de foi*.

PROGRÈS, SCIENCES DE LA VIE ET HUMANISME

AXEL KAHN

L'humanisme recouvre un ensemble de doctrines se fixant pour but l'épanouissement de l'être humain, la reconnaissance et la défense de sa dignité.

Sous des formes variées, l'essentiel des grandes traditions philosophiques et religieuses est humaniste, de l'enseignement de Confucius à celui de Platon et Aristote et aux religions bibliques. La Renaissance, le Siècle des Lumières, la Révolution Française, la République et les mouvements socialistes se disent humanistes.

A dire vrai, l'Homme, maître de la Terre, est même au centre de l'Univers jusqu'à ce que Copernic l'en chasse en ramenant notre planète au rang de l'un des corps célestes tournant autour du soleil. Au moins, l'être humain reste-t-il alors, dans l'esprit des croyants, au sommet de la création, puisqu'il a le privilège d'avoir été créé à l'image de Dieu. C'est la théorie de l'évolution du français Jean Baptiste Lamarck, complétée et précisée par Charles Darwin qui le déloge de ce piédestal.

En effet, tout indique que le primate *Homo sapiens*, c'est-à-dire nous même, est un produit d'évolution au même titre que tout être vivant. Ainsi, la position spécifique de l'Homme placé, dans la genèse biblique, au sommet de la création et doté du droit de l'utiliser à son profit, s'est-elle trouvée violemment contestée. De plus, le déve-

loppement des sciences biologiques et, plus récemment, le génie génétique et les programmes génomes, ont renforcé la vision de l'unicité du monde vivant. A quelques exceptions près, n'importe quel gène appartenant à un organisme mono ou pluri-cellulaire, bactérien, végétal ou animal, éventuellement humain, peut être transféré dans tout autre organisme et y conserver sa fonction. Le code génétique est en effet universel. Ce n'est donc pas à travers la singularité de ses processus biologiques que l'humanité peut être le plus radicalement distinguée du reste du monde vivant. En fait, ce qui différencie radicalement le genre humain des autres êtres vivants c'est la capacité qu'a progressivement développée l'Homme de se poser lui-même la question de son irréductible dignité et, donc, de ses droits. La conscience d'un droit à la dignité de l'homme a pu dès lors englober ses projets et ses avatars, c'est-à-dire ces êtres humains qui n'ont pas accédé à la conscience de soi, les embryons et les désordres graves de l'entendement, ou ceux qui l'ont perdu. Sigmund Freud, initiateur de la psychanalyse, se prétendait à l'origine de la troisième grande révolution, à l'égal de Copernic et de Darwin, puisqu'il avait dépossédé l'Homme de la maîtrise consciente de ses actes en lui révélant les fondements inconscients de nombre de ses comportements.

Cependant, l'Homme restait encore la fin ultime de ses projets et de ses entreprises. Depuis le XVII^{ème} siècle, s'est en effet peu à peu imposée l'idée d'un Progrès conçu comme la marche du genre humain vers sa plus grande réalisation, et dont les progrès sectoriels des connaissances, des techniques et du développement économique n'étaient que les conditions nécessaires. C'est ce dernier «privilège» de l'être humain qui semble aujourd'hui menacé par l'évolution de la société.

Il apparaît que la logique du Progrès telle qu'elle semblait évidente depuis au moins le siècle des lumières, s'est inversée. Le développement économique, fruit de l'innovation scientifique et technique, cesse de n'être que le moyen de l'amélioration de la condition humaine pour devenir la fin ultime dont la poursuite justifie les sacrifices imposés à une grande partie de la société.

La stratégie industrielle des entreprises délaisse le moyen et le long terme, le souci d'un meilleur service et d'un meilleur produit,

pour ne plus prendre de décisions qu'en fonction de la «création de valeur» maximale à servir rapidement aux actionnaires. Tout licenciement massif dans l'industrie s'accompagne aussitôt d'une envolée à la bourse du prix des actions de l'entreprise en cause. La rentabilité d'un service public n'intègre plus majoritairement son bénéfice social, le mieux-être procuré, le maintien et les possibilités d'expansion d'un tissu humain fragile, mais uniquement l'équilibre comptable à court terme de son exploitation. En matière de santé publique, la part des richesses créées par une nation que les citoyens désirent consacrer à la préservation et à l'amélioration de leur santé cesse d'être un objet fondamental du débat démocratique, pour ne plus devenir qu'une donnée indiscutable dans le calcul de laquelle on intègre tous les coûts de la santé... et bien peu des richesses directes et indirectes qu'elle engendre.

Une grande inquiétude éthique est née. L'Homme peut-il n'être qu'un moyen sans être toujours également sa propre fin, pour reprendre sous la forme d'une question l'un des préceptes de l'éthique kantienne? Un moyen de créer des richesses sans que le but de celles-ci soit de contribuer au bien-être et à l'épanouissement humains? Un moyen de satisfaire l'appétit de pouvoir de quelques uns sans souci particulier des conséquences pour tous les autres? Les connaissances de l'Homme, facteur du développement des techniques et des possibilités de maîtrise du monde extérieur, peuvent-elles se justifier sans référence à leur pouvoir de participer à l'émancipation physique et intellectuelle des personnes, celles qui vivent et vivront ici et ailleurs, aujourd'hui et demain?

Après avoir été chassé du centre de l'Univers, du sommet de la création, de l'agir conscient, l'Homme peut-il admettre de l'être de la finalité de ses propres entreprises? Là réside une première menace contre l'humanisme.

La contestation naturaliste de l'humanisme

Lors d'un colloque à Paris, le grand biologiste James Watson, Prix Nobel pour sa découverte de la structure en double hélice de l'ADN en 1953, s'en prit à la notion des Droits de l'Homme en ces termes.

«Les êtres humains n'ont pas de droits, ils ont des besoins élémentaires [...], de nourriture, éducation, santé. Les besoins ne changent pas, mais ce que nous percevons comme des droits de l'Homme varie non seulement d'une région du monde à l'autre, mais aussi au cours de l'histoire. Ainsi, il importe d'être très prudent dans la référence aux Droits de l'Homme et à leur caractère intangible».

«Je pense que dans les 10.000 ans qui viendront, celui qui s'imposera comme la figure dominante de l'histoire de l'Homme ne sera pas Jésus-Christ, ou Mahomet ou d'autres grands philosophes ou mystiques, mais Charles Darwin» [...]. Une conséquence de la révolution darwinienne est que si vous avancez que l'Homme a des droits inaliénables, cela s'appliquera aussi au chien, puis à la petite souris, à la mouche du vinaigre... Où tracerons-nous la limite?»

En d'autres termes, James Watson considère que la banalisation de l'être humain au sein des êtres vivants, tous produits de l'évolution, lui fait perdre toute spécificité. De ce fait, des Droits reconnus aux individus d'une espèce particulière (l'Homme) pourraient aussi bien être revendiqués au profit de n'importe quelle forme de vie.

Les craintes de notre savant Prix Nobel ne sont pas vaines, puisque ce raisonnement est au cœur de la contestation anti-humaniste, d'un courant de l'écologie issu de la dérive sociobiologique du darwinisme, bien représenté par Ernst Haeckel, un disciple allemand de Charles Darwin.

Haeckel privilégie une étude globale du vivant, qu'il dénomme oecologie. Celle-ci est indispensable puisque tous les êtres interagissent, se modifient au contact les uns des autres et influencent ainsi l'évolution générale. L'Homme n'a guère de privilège particulier dans ce mécanisme. D'ailleurs, les différences psychiques entre le rameau humain supérieur des anglo-allemands et les races inférieures sont plus grandes, selon Haeckel, que celles entre certains hommes et certains animaux. Entre eux, *«entre l'âme animale la plus élevée et le degré le plus humble de l'âme humaine, il y a seulement une faible différence quantitative et nulle différence qualitative»*, écrit-il en 1868. C'est cette tendance de l'écologie, aujourd'hui minoritaire en Europe, qui, tout au long du XXème siècle, a flirté avec les idéologies d'extrême droite et a abouti, par exemple, aux législations de

1933 et 1934 en Allemagne nazie. Celles-ci étaient les premières dispositions légales de défense du droit des animaux et de protection de la nature.

La conception de la terre comme un organisme vivant harmonieux soumis à des processus d'autorégulation globale et dont tous les êtres vivants ne sont que des cellules particulières est exposé dans le *Gaïa* de James Lovelock, publié en 1979. Le danger mortel pour *Gaïa*, la déesse terre, vient des déséquilibres induits par ses cellules humaines, par leur colonisation quasi-tumorale de toutes les richesses écologiques et les désordres qui s'ensuivent de l'équilibre des espèces, de l'air et de l'eau. Dans l'ensemble de ces visions, ce qui est contesté, c'est la position particulière de l'humanité lui donnant des droits sur les autres êtres vivants et leur environnement. L'Homme, produit d'évolution, n'aurait aucune base pour justifier ses prétentions.

Après la seconde guerre mondiale, un courant écologiste humaniste s'est développé autour du principe du respect de l'environnement dans lequel vivent les générations actuelles et, surtout, vivront les générations futures.

Symbolique du clivage théorique entre les deux approches est la question des droits de la nature et des animaux, notion qui trouve aujourd'hui une traduction législative dans plusieurs pays d'Europe du Nord et en Suisse. En effet, pour revendiquer de tels droits, il faut, soit les faire reposer sur une prescription divine et sacrée, soit sur le sentiment radical d'une profonde égalité de tous les êtres dans une économie naturelle résultant des mécanismes de l'évolution. Ceux-ci dissipent en effet l'illusion d'un privilège humain et justifient que les mêmes droits soient reconnus à *Homo sapiens* et aux autres espèces. C'est par crainte d'une revendication de cette nature, dont il admettait la légitimité, que James Watson mettait en garde contre la reconnaissance des Droits de l'Homme. Le courant radical de défense du droit des animaux peut être illustré par des citations du philosophe Peter Singer.

Peter Singer n'est pas n'importe qui. Auteur du livre à succès *La Libération animale*, il a longtemps dirigé le Centre de bioéthique de Melbourne en Australie, et il vient d'être nommé responsa-

ble du département de bioéthique de la prestigieuse université de Princeton, aux USA. Dans son ouvrage *Questions d'éthique pratique*, il écrivait, en 1993: «Appartenir à l'espèce *Homo sapiens* ne donne pas droit à un meilleur traitement que le fait d'être membre d'une espèce différente à un niveau mental similaire» (page 262, de l'Édition française, Bayard Editions, 1997) et il se sert de cet argument pour justifier que l'on élimine les enfants handicapés ou les malades qui souffrent et dont les chances de guérison sont négligeables, au même titre que l'on abat les animaux blessés. Ailleurs, Singer considère le cas des nourrissons et fait l'analyse qu'un «*bébé d'une semaine n'est pas un être rationnel conscient de soi, et il existe de nombreux animaux non humains dont la rationalité, la conscience de soi, l'éveil et la capacité de sentir, notamment, dépassent ceux d'un bébé humain âgé d'une semaine ou un mois (dont la vie) à moins de valeur (pour lui) que la vie d'un cochon, d'un chien, d'un chimpanzé n'en a pour chacun de ces animaux non humains*» (p. 166). Quand au fœtus humain, il ne mérite vraiment aucune considération particulière car «*si l'on compare honnêtement le veau, le cochon et le poulet avec le fœtus, selon des critères moralement significatifs tels que la rationalité, la conscience de soi, la conscience, l'autonomie, le plaisir et la souffrance etc, alors (ces animaux) viennent bien avant le fœtus quel que soit l'état d'avancement de la grossesse. Car même un poisson manifeste davantage de signes de conscience qu'un fœtus de moins de trois mois*». (p. 150). En France, ce courant est aujourd'hui représenté avant tout par deux philosophes qui partagent l'analyse de Singer, directement dérivée de l'utilitarisme anglosaxon, selon laquelle les droits doivent être fondés non sur la raison et les devoirs, mais sur la sensibilité et la capacité à souffrir des animaux, qu'ils ont en commun avec les êtres humains. Chez ces deux auteurs, Elisabeth de Fontenay et Florence Burgat, ce décentrement de la raison vers la sensibilité s'accompagne d'une critique radicale de «la métaphysique humaniste» et notamment, bien entendu, de l'éthique kantienne.

Pour ma part, contrairement à Singer, à de Fontenay et à Burgat, je persiste à penser que la notion d'un droit reconnu à des animaux qui n'ont pas de devoirs est singulière sur le plan philoso-

phique. En effet, imaginons un monde peuplé d'êtres dotés de droits, dont aucun n'aurait le devoir de les respecter. Tout animal, tout Homme aurait droit à la vie et au bien-être, mais aucun n'aurait le devoir d'éviter de faire souffrir les autres, par exemple de se jouer d'eux ou de les manger tout vifs par petits morceaux, comme la vie sauvage nous en donne l'exemple. La notion de droits n'aurait dès lors plus de sens, ce qui démontre que c'est celle de devoir qui lui en donne un. Ainsi, il serait impossible de parler de droits des animaux si n'existait pas le devoir des Hommes, qui seul assure une protection au monde animal. Alors que l'existence de devoirs sans droits, qui renvoie à l'esclavage, est discutable, l'inverse ne semble pas même avoir de sens. Or, personne n'a encore contesté que seul l'Homme, qui se revendique des droits, ait de ce fait des devoirs, notamment ceux impérieux de prendre en compte dans ses actions la douleur et le bien être animal, et de préserver le meilleur environnement possible pour les hommes sur la terre, en particulier pour ceux qui naîtront dans le futur.

Faut-il dépasser l'Homme?

Les médias bruissent de la rumeur selon laquelle les méthodes génétiques, les biotechnologies, sont sur le point de transformer l'Homme. Je ne suis pas sûr que tel ne soit pas le rêve de certains scientifiques qui se voient très bien remplacer l'eugénisme négatif, tel qu'il a sévit dans plusieurs pays d'Europe, au Canada et aux USA jusqu'après la guerre par un eugénisme positif. Alors que le premier revenait à éviter que ne se reproduisent des personnes jugées de qualité inférieure (par stérilisation ou élimination physique, dans l'Allemagne nazie), le second se fixerait pour but l'amélioration de lignages humains par transfert de gène. Cette perspective, largement mythique, a été clairement envisagée au quatrième trimestre de 1999 dans la foulée d'expériences portant sur la souris. Des chercheurs américains ont en effet montré que l'addition de copies supplémentaires d'un gène à ces animaux augmentait leurs capacités d'apprentissage. Comme, dans l'esprit de certains chercheurs et de beaucoup de commentateurs, on ne

s'embarrasse pas de nuance, on est vite passer de la mémoire à l'intelligence et annoncé que l'on était parvenu à créer des souris super-intelligentes. De ce fait, la question de l'utilisation de semblables techniques chez l'Homme s'est posée. Interrogé à ce sujet par *Associated Press*, le Directeur Arthur Caplan, directeur du Centre de bioéthique de l'Université de Pennsylvanie, répond :

«Ce face à quoi nous nous trouvons est une première étape vers un monde dans lequel nous pourrions prédéterminer les caractéristiques de nos descendants. Je ne pense pas que ce soit nécessairement une mauvaise chose. Trouver le moyen de corriger un retard mental, un autisme ou tout autre maladie neurologique handicapante serait une très bonne chose. Du fait des risques inhérents, il faudrait mieux, éthiquement parlant, commencer par soigner des maladies plutôt que de tenter de créer des enfants surdoués. Cependant, ça ne m'inquiéterait pas outre mesure de voir des hordes de petits Einstein autour de moi. De même que les parents s'efforcent d'améliorer leurs enfants en les envoyant dans les meilleures écoles, en leur donnant des leçons de piano, certains voudront améliorer génétiquement leur progéniture. Comme en d'autres domaines de la vie, les riches seront avantagés» (A.P. 011251, Sept 99).

En somme, dans une société méritocratique telle que la nôtre, tout doit être fait pour augmenter le mérite des enfants, nulle différence de nature n'existant entre le soin apporté à leur éducation et la volonté de renforcer par des moyens génétiques leurs capacités cérébrales. Les informaticiens diraient qu'après tout, on peut améliorer les capacités d'un réseau informatique en soignant et modifiant les programmes, logiciels et algorithmes, c'est-à-dire le software (l'éducation), ou bien en renforçant ou remplaçant les ordinateurs, c'est-à-dire le hardware (le cerveau). Quoique nous soyons là, en ce qui concerne l'amélioration génétique des capacités mentales humaines, en pleine science-fiction, acceptons cette fiction pour en étudier la signification.

Jusqu'à présent, l'effort des médecins et, plus largement, des sociétés démocratiques, a été de compenser autant que faire se peut les conséquences pour les personnes de leurs inégalités biologiques, puisque la Déclaration des Droits de l'Homme fonde qu'elles nais-

sent et demeurent égales en dignité et en droits. Les malades et les chétifs sont soignés et stimulés, la loi protège les faibles, etc. Le transfert de gènes pour améliorer les facultés d'apprentissage d'enfants et de leurs descendants, dans notre fiction, resterait une opération exceptionnelle, réservée à ces familles qui ont aujourd'hui, de par leur nationalité, leur pouvoir et l'état de leur fortune, la possibilité d'envoyer leurs enfants dans les meilleurs écoles et les meilleures universités. Le but de cette amélioration génétique germinale ne serait donc plus de tenter d'atténuer des inégalités constitutionnelles et leurs conséquences, mais de les augmenter, d'en créer de nouvelles. Les scientifiques et la société sont-ils prêts à accepter ce virage à 180° de leurs valeurs et finalités?

En tous cas, la possibilité d'une transformation biotechnologique de l'humanité, pour parfaitement fantasmagorique qu'elle soit, est au moins bien ancrée dans l'imaginaire social et structure les réflexions de nombreux penseurs fin de siècle, acquérant ainsi une consistance idéologique sinon scientifique. Ainsi l'Américain Francis Fukuyama qui avait annoncé en 1989 que l'histoire était arrivée à sa fin, puisque l'ordre naturel libéral s'apprêtait à régner sur la planète, revient à la charge dix ans après (journal *Le Monde* du 17 juin 1999) en confirmant que l'histoire en est bien à son terme, mais pour une raison supplémentaire: *«Le caractère ouvert des sciences contemporaines de la nature nous permet de supputer que, d'ici les deux prochaines générations, la biotechnologie nous donnera les outils qui nous permettront d'accomplir ce que des spécialistes d'ingénierie sociale n'ont pas réussi à faire. A ce stade, nous en aurons définitivement terminé avec l'histoire humaine parce que nous aurons aboli les êtres humains en tant que tels»*. La démarche intellectuelle de Fukuyama apparaît étrange. Déjà, assimiler le libéralisme triomphant à l'ordre naturel établi par l'évolution n'a guère de sens, puisque justement l'évolution n'a pas de but et n'a aucune raison d'avoir un terme! De plus, si l'ingénierie génétique transforme l'Homme, ce sera alors une autre histoire, même si elle n'est plus à strictement parler humaine!

Peter Sloterdijk lui aussi envisage une utilisation des biotechnologies pour poursuivre l'œuvre humaine ancestrale d'auto-appropriation

sement de l'Homme. A la fin d'une conférence sur Heidegger tenue en Juillet 1999, le philosophe allemand né en 1947, s'appuyant sur Platon et Nietzsche, s'en prend, après Heidegger, à une certaine vision d'un humanisme consensuel réducteur, qu'il juge être une forme de la pensée unique politiquement correcte de l'Allemagne post-nazie. En appelant à la création d'un sur-humanisme post-moderne qui libère les énergies au lieu de les cantonner à une médiocrité normalisée, il renvoie bien entendu, quoiqu'il s'en défende, à l'image du sur-Homme dont l'évocation ne peut que tétaniser l'Allemagne d'aujourd'hui. Son propos fit autant plus scandale, qu'il se demande avec une fascination inquiète *«si le développement va conduire à une réforme génétique de l'espèce; si l'anthropo-technologie du futur ira jusqu'à une planification explicite des caractères génétiques; si l'humanité dans son entier sera capable de passer du fatalisme de la naissance à la naissance choisie et à la sélection prénatale. Ce sont là des questions encore floues et inquiétantes à l'horizon de l'évolution culturelle et technologique»*.

Ainsi l'humanisme est-il attaqué aujourd'hui de deux côtés strictement opposés. Les défenseurs intégristes du droit des animaux considèrent l'humanisme comme une forme de «spécisme» assimilable au racisme, et ramènent donc l'humanité à un cas particulier d'animalité.

A l'inverse, les tenants plus ou moins avoués d'un eugénisme positif passant par l'amélioration génétique grâce aux biotechnologies, de Watson à Caplan et à Sloterdijk, en appellent au dépassement par le haut de la condition humaine, à la poursuite, grâce à la science moderne, du dessein ancestral humain de s'arracher à la bestialité. Le seul point commun entre ces deux contestations de l'humanisme est qu'elles rejettent l'une comme l'autre la notion de dignité de l'Homme réel, de celui qui crée partout sur Terre et au-delà, des grottes ornées de Cro-Magnon à la théorie de l'évolution et à la conquête de la Lune. Pour les uns, cette prétention à la dignité est usurpée sur le droit identique des animaux à y prétendre, pour les autres elle est injustifiée en comparaison des qualités que l'on pourrait espérer de ces sur-Hommes qu'il revient à l'Homme imparfait d'aujourd'hui de créer. Pour ma part, animalité, humanité et

dépassement de soi, que l'on pourrait appeler sur-humanité, sont des facettes indissociables de l'essence humaine. Elles constituent l'équipement qui nous a permis d'émerger des origines de notre espèce, celui sur lequel il nous faudra encore compter pour nous engager toujours plus loin dans le futur.

C'est grâce à de telles qualités de nature que l'Homme a su créer ce monde de culture et de connaissances au contact duquel se forge la personnalité de chacun. Le savoir cumulatif du génie humain nous a permis de reconnaître que nous n'étions ni au centre de l'Univers, ni au sommet du monde vivant, ni même pleinement conscients des ressorts de toutes nos actions.

En revanche, décider si la personne humaine doit rester sa propre fin, demeurer au cœur des entreprises individuelle et sociale et affirmer sa dignité singulière ne dépend pas de l'accession à un savoir particulier mais de la manifestation d'une volonté commune.

L'humanisme est assiégé de tous côtés, par une forme de développement économique le niant comme valeur essentielle, et par des idéologies le contestant comme une prétention exorbitante et injustifiée. C'est en grande partie de notre capacité à relever ces défis que dépend la condition humaine pour le siècle qui s'annonce.

UN ENJEU SCIENTIFIQUE POUR LE XXI^{ÈME} SIÈCLE: GENÈSE 1, 11-23

GUY OURISSON

C'est un jeu dangereux, mais un jeu à la mode, que de 'prévoir' quelles seront les grandes découvertes du XXI^{ème} siècle. En fait, ou bien ces découvertes sont prévisibles sans risques, il suffit d'attendre un peu, et elles ne sont pas 'grandes', ou bien elles sont grandes, mais alors elles sont imprévisibles parce qu'elles contredisent les dogmes, comme l'a fait, par exemple, la découverte du rôle infectieux des prions il y a quelques années.

Je prends cependant le risque de prédire que les décennies à venir verront des progrès importants dans un domaine qui reste mystérieux: *la compréhension des mécanismes moléculaires qui ont pu être mis en jeu lors de l'apparition de la vie sur la Terre, c'est-à-dire l'interprétation moléculaire de Genèse 1, 11-23, (quelles que puissent en être les autres interprétations...)*. Certes, on ne peut oublier que la 'génération spontanée', telle qu'on l'entendait au début du XIX^{ème} siècle, n'a pas résisté à Louis Pasteur. On ne peut non plus oublier que le récit de la Genèse (ou plutôt l'un des récits qui composent le début de la Genèse) peut à chaque instant répondre aux questions que certains se posent, tout du moins tant qu'une vie synthétique n'a pas été obtenue par l'artifice humain. Mais le travail du chimiste consiste, en cette matière comme en d'autres, à essayer de comprendre et, s'il le peut, de reproduire.

Par l'exploration inévitable de Mars dans quelques décennies, par l'étude des nouvelles planètes extra-solaires découvertes depuis l'an dernier, de plus en plus nombreuses et variées, par les progrès fantastiques attendus des nouveaux télescopes et de l'exploration spatiale, une première série de questions trouveront leur réponse, *peut-être*: y a-t-il (ou y a-t-il eu) de la vie ailleurs, comme l'envisageait Giordano Bruno, ou sommes-nous seuls dans l'Univers? S'il y a (ou s'il y a eu) de la vie ailleurs, est-elle semblable dans ses mécanismes fondamentaux à la Vie terrestre, à la fois extraordinairement diversifiée dans ses incarnations (50-100 millions d'espèces, peut-être davantage...?), mais extraordinairement unitaire (organismes *tous* cellulaires et délimités par des membranes, *tous* utilisant des protéines comme catalyseurs, *tous* utilisant des acides nucléiques pour transmettre l'information génétique, etc.)? Suit-elle les modèles à la fois variés dans leurs détails, et identiques dans leurs grandes lignes, de 'notre' Vie, de la Vie sur la Terre? A-t-elle conservé ailleurs le modèle unicellulaire des Bactéries, qui est resté dominant sur Terre depuis l'aube des temps¹ et est au fond parfaitement suffisant pour emplir une planète, ou bien a-t-elle conduit ailleurs également à des protistes eucaryotes et à des êtres pluri-cellulaires? Ailleurs, comme c'est le cas sur Terre, le 'modèle insecte', ce favori de Dieu, a-t-il aussi été l'objet des variations les plus folles, mais aussi les plus réussies, comme le sont les fourmis ou les termites? La Vie est-elle, ailleurs aussi, sortie de l'eau et a-t-elle colonisé les continents et les lieux? Les spéculations antérieures à l'obtention d'une réponse *directe* à ces questions sont sans grand intérêt: quelle que soit cette réponse, une fois qu'elle aura été obtenue par l'observation elle rendra inutile les spéculations creuses, seules possibles pour l'instant. Par contre, toutes les hypothèses sur les mécanismes envisageables pour l'origine de 'notre' Vie doivent évidemment être scientifiques, c'est-à-dire, au

¹ C'est St. J. Gould qui a fait remarquer que les Bactéries représentent la forme de vie la plus diversifiée et celle qui a le mieux réussi à coloniser les environnements les plus variés sur Terre. Cette affirmation risque d'être encore renforcée si, comme le pense Th. Gold, des bactéries méthanogènes peuplent les roches profondes, s'il y a une '*deep, hot, biosphere*'.

sens de Popper, réfutables,² fondées sur des résultats expérimentaux ou sur une observation objective formulée avec précision, et être systématiquement mises à l'épreuve d'expériences.

Mais d'abord, quelques mots sur les 'briques de la Vie'. On a remarqué depuis longtemps que tous les êtres vivants sont construits avec les mêmes 'briques' essentielles: d'une part la vingtaine d'acides α -aminés formant un premier groupe de biopolymères, les protéines, et d'autre part les quatre nucléotides dont la combinaison avec quelques rares sucres (essentiellement ribose et désoxyribose) donne les nucléosides, eux-mêmes formant un second groupe de biopolymères, les acides nucléiques (ARN, ADN). Il y a une cinquantaine d'années, la célèbre 'expérience de Miller' avait montré que le passage d'étincelles électriques (simulant des orages) dans une atmosphère de vapeur d'eau, d'ammoniac, de méthane (simulant une atmosphère 'primitive'), conduisait à la synthèse des acides aminés et des nucléotides les plus courants. On a ensuite contesté la pertinence de cette expérience qui aurait exagéré le caractère réducteur de l'atmosphère primitive de la Terre. Mais l'essentiel n'est peut-être pas là: on sait que la pluie de météorites de toutes tailles qui a atteint la Terre depuis sa formation est accompagnée de l'arrivée de masses importantes de matière organique, qui ont pu trouver leur origine dans les espaces interstellaires. Effectivement, M. Devienne et son équipe, à laquelle j'ai eu la chance d'être associé, ont démontré que le bombardement de cibles de graphite, dans des conditions 'quasi-interstellaires', par des jets moléculaires d'oxygène, d'hydrogène et d'azote, conduit à la formation de molécules organiques complexes, parmi lesquelles ont été caractérisés les acides α -aminés les plus simples et des nucléotides représentatifs.³ Tout se passe comme si l'injection de suffisamment d'énergie dans un mélange comprenant les atomes nécessaires, injection suivie d'une trempe rapide, donnait inévitablement ces 'briques de la Vie':

² J'avoue ne pas comprendre pourquoi on suivrait Popper dans l'emploi du mot si ambigu de 'falsifiable', au lieu de réfutable...

³ Devienne F.M., Barnabé Chr., Couderc M. et Ourisson G., *C.R. Acad. Sci. Paris*, 1, série IIc, 1998, 435-439: Synthesis of biological compounds in quasi-interstellar conditions.

C, H, N, O + énergie + trempe acides α -aminés + nucléotides + etc.

Le problème ne nous semble donc pas être dans l'*origine* de ces briques, mais dans la découverte des mécanismes de leur *assemblage* en édifices complexes, et l'on peut comprendre la tentation que certains éprouvent à penser que, puisque les bonnes briques abondent et qu'il y a cathédrales (lisez: 'êtres vivants'), il y a eu Architecte.

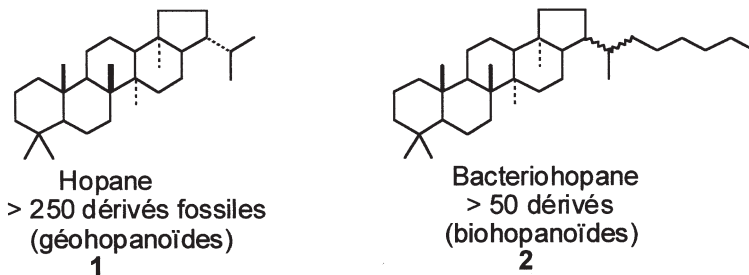
Mais ceci nous éloigne de l'analyse scientifique de l'origine moléculaire de la Vie. Je présenterai maintenant quelques résultats que nous avons obtenus initialement sans les rechercher, et qui montrent *peut-être* quelles étapes ont conduit à rendre possible l'apparition des êtres vivants les plus primitifs.

Notre postulat de base est que les premières étapes ont du être des processus physico-chimiques conformes à ceux qui définissent le fonctionnement de la chimie abiotique banale, mais que ces processus ont rapidement mené à un système capable de se compliquer spontanément, par suite de l'obtention automatique de propriétés dont nous pouvons comprendre comment elles permettent une 'auto-complexification'. Nous pensons avoir apporté des réponses raisonnables à ces deux exigences. Les détours ont été nombreux, et inattendus.

Cela a d'abord été, au cours d'une recherche sur la composition de la matière organique des sédiments et des pétroles, la découverte d'une famille abondante et étrange de molécules complexes, présentes dans *tous* les sédiments, récents ou anciens, les dérivés du squelette pentacyclique du hopane.⁴ De ces 'géohopanoïdes', plus de 250 dérivés ont été caractérisés. Leur squelette, connu précédemment dans les sécrétions de quelques rares espèces d'arbres tropicaux, peut comprendre 5 atomes de carbone supplémentaires dans la chaîne latérale (dérivés du 'bactériohopane'). Ils ont été identifiés par l'équipe de Pierre Albrecht qui a peu à peu constaté qu'ils sont *universellement* présents, variés, et relativement abondants dans les sédiments. Cette ubiquité, jointe à l'énorme quantité de sédiments

⁴ Ourisson G., and Albrecht P., *Acc. Chem. Res.*, 25, 1992, 398-402: Hopanoids. 1. Geohopanoïdes: the Most Abundant Natural Products on Earth?

accumulés au cours des âges, en fait probablement la famille de produits organiques naturels complexes la plus abondante sur la Terre.⁵ La découverte faite ensuite par M. Rohmer⁶ des précurseurs en C₃₅ (auparavant insoupçonnés) de ces 'fossiles moléculaires', dans un très grand nombre de bactéries banales, a permis de comprendre pourquoi ils sont tellement abondants: tous les êtres vivants qui, depuis plus de 3,5 milliards d'années, sont morts sont '*retournés en poussière*'; la quasi-totalité de leur matière organique a été décomposée et recyclée dans le grand cycle du carbone, mais une très petite 'fuite' a conduit, en passant par l'intermédiaire de bactéries, à l'accumulation progressive de 'carbone organique fossile': pétroles, charbons, et surtout matière organique dispersée à faible teneur dans toutes les roches sédimentaires connues. Les 'géohopanoïdes' 1 de ces roches sédimentaires ne sont donc que les fossiles de 'biohopanoïdes' bactériens 2, dont les squelettes ont bien résisté aux



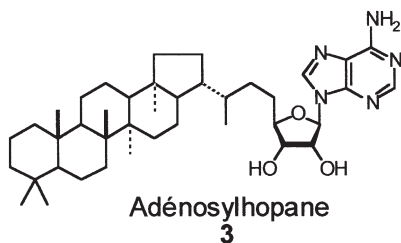
outrages du temps à cause de leur structure extrêmement ramifiée qui les rend résistants aux attaques bactériennes, bien mieux évidemment que les constituants destinés à être métabolisés: protéines, lipides de réserve (à chaînes droites, sans ramifications), sucres...

Que viennent faire les biohopanoïdes dans les bactéries? Après Poralla et Blume travaillant sur des monocouches, nous avons pu

⁵ Le méthane CH₄ est probablement encore beaucoup plus abondant, mais il est certes plus simple...

⁶ Ourisson G., and Rohmer M., *Acc. Chem. Res.*, 25, 1992, 403-408: Hopanoids. 2. Biohopanoids: A Novel Class of Bacterial Lipids.

contribuer à découvrir leur rôle physiologique:⁷ leurs dimensions, leur rigidité et leur caractère amphiphile leur permettent d'être insérés dans les bicouches des membranes bactériennes, et en font des *renforçateurs* de ces membranes; c'est le même rôle essentiel que celui que joue le cholestérol dans les membranes des organismes plus évolués comme nous-mêmes, et le cholestérol est absent dans la quasi-totalité des bactéries. Les biohopanoïdes sont donc des substitués du cholestérol; il n'est pas impossible que certains d'entre eux (par exemple l'extraordinaire adénosyl-hopane 3), jouent également



des rôles physiologiques plus élaborés, tout comme notre cholestérol est le précurseur de beaucoup de nos hormones.

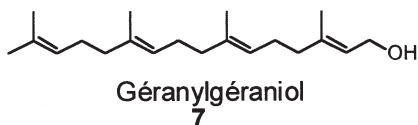
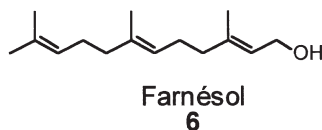
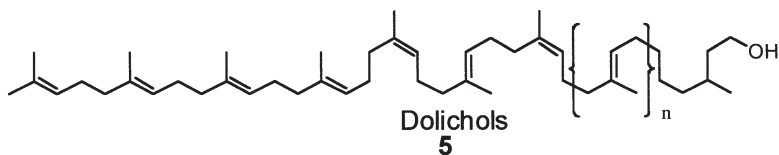
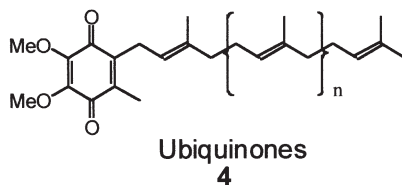
Comme le cholestérol, les hopanoïdes sont des dérivés de la famille des *polyterpènes*, caractérisés par des structures hautement ramifiées, et par une origine biosynthétique commune. De proche en proche, avec Y. Nakatani, nous avons été amenés à constater la présence universelle, dans les membranes cellulaires de *tous* les êtres vivants, de dérivés de cette famille des polyterpènes,⁸ dont tout le monde connaît quelques représentants, du camphre ou du caoutchouc aux constituants odorants de l'essence de rose, du carotène

⁷ Ourisson G., Albrecht P., Rohmer M., *Trends Biochem. Sc.*, 1982, 7, 236-239: Predictive microbiological biochemistry – from molecular fossils to procaryotic membranes.

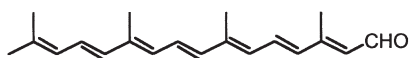
⁸ Ourisson G., in *Early Life on Earth*, St. Bergson, Ed., Nobel Symposium N° 84, Columbia University Press, New York, 1994, 259 – 269: Biomarkers in the proterozoic world. (Symposium Lecture).

Ourisson G., Nakatani Y., *Chem. & Biol.*, 1, 1994, 11-23: The terpenoid theory of the origin of cellular life: the evolution of terpenoids to cholesterol.

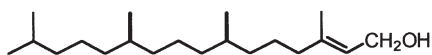
orange des carottes à la bétuline, le pigment blanc de l'écorce de bouleau. Toutefois, personne n'avait attribué à ces 'métabolites secondaires', comme rôle fondamental, de participer à l'architecture et au fonctionnement des membranes. Pourtant, on connaît depuis longtemps la structure des ubiquinones 4, responsables du transfert électronique au travers des membranes, celle des phosphates de dolichols 5, ces énormes alcools polyterpéniques (en C_{100} ...) inclus dans les membranes cellulaires, et intervenant dans la glycosylation des protéines, celles du farnésol 6 et du géranylgéraniol 7,



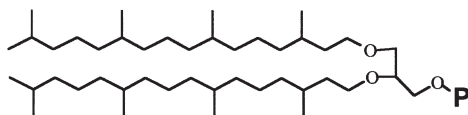
qui permettent l'ancrage de protéines dans les membranes. La *vision* (ou la survie des bactéries halophiles dans les saumures) dépend de la photosensibilité du rétinol (membranaire) 8, la *photosynthèse* de celle de la chlorophylle (ancrée dans la membrane par le phytol 9). Enfin, dans le groupe si important des Archéobactéries, ce sont les membranes elles-mêmes qui sont constituées de dérivés amphiphiles comportant des chaînes polyterpéniques en C₂₀ et/ou en C₄₀ 10. En outre, de nombreux fossiles moléculaires dont les



Rétinal
8



Phytol
9

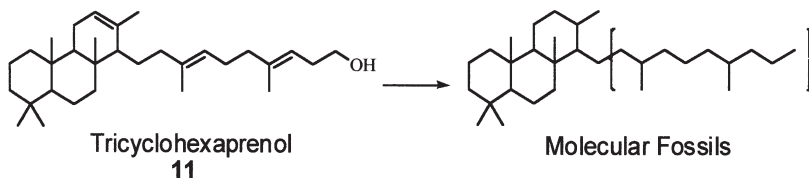


Archaeal Lipid
10 (P = Polar Head)

structures ont été établies le plus souvent par l'équipe de P. Albrecht ont comme précurseurs 'évidents',⁹ des dérivés polyterpéniques dont les structures (par exemple 11) suggèrent qu'il pourrait s'agir de renforteurs membranaires encore inconnus: ils ont des dimensions comparables à celles du cholestérol ou des biohopanoïdes, sont rigi-

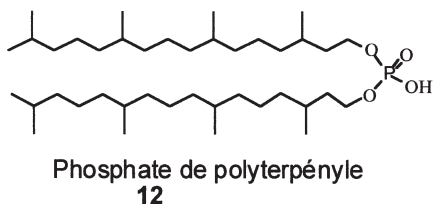
⁹ Une évidence découlant de la 'taphonomie moléculaire' que nous avons pu établir peu à peu); la taphonomie, de τῆς τοῦ τῆς, est la branche de la paléontologie qui étudie les processus découlant de l'ensevelissement.

des, et sont amphiphiles. Ils pourraient donc, comme le cholestérol et les biohopanoïdes, s'insérer dans les membranes et les stabiliser. Nous avons vérifié cette hypothèse par l'étude de l'effet du plus simple de ces précurseurs 'évidents', le tricyclohexaprenol 11, sur des bicouches, qu'il renforce effectivement.¹⁰



Nous avons alors montré qu'on peut ranger l'ensemble de tous ces dérivés polyterpéniques membranaires en un arbre généalogique; chaque nouvelle étape dans cette évolution postulée correspond à l'intervention d'une nouvelle étape enzymatique, de plus en plus complexe, pour culminer avec le cholestérol. On peut donc redescendre vers les racines, par une analyse rétrograde, et déduire ainsi que les polyterpènes membranaires les plus primitifs, les ancêtres, auraient bien pu être des phosphates de polyterpényle 12 (on dit aussi 'de polyprényle').

Nous avons synthétisé ces phosphates, qui nous ont permis d'obtenir dans l'eau, comme nous l'avions espéré, des membranes



¹⁰ Krajewski-Bertrand M.A., Hayer M., Wolff G., Milon A., Albrecht A.M., Heissler D., Nakatani Y., Ourisson G., *Tetrahedron*, 46, 1990, 3143-3154: Tricyclohexaprenol and an octaprenediol, two of the 'primitive' amphiphilic lipids, do improve phospholipidic membranes.

délimitant des vésicules étudiables au microscope et par leurs propriétés de barrière semi-perméable, des systèmes certes non-vivants, mais pouvant avoir constitué une première étape vers des êtres vivants unicellulaires.¹¹

Nous avons ensuite constaté que ces vésicules, formées spontanément par 'auto-organisation' selon des règles physico-chimiques bien comprises, celles qui règlent la formation de systèmes eau/amphiphiles, possèdent des propriétés nouvelles les conduisant à pouvoir se complexifier spontanément.¹² Par exemple, la formation de vésicules délimitées par une double couche d'amphiphiles crée une nouvelle phase, et ceci conduit automatiquement à l'*extraction sélective* de molécules lipophiles. Mais en outre, comme l'intérieur même de la membrane est constitué par des chaînes fortement orientées, il est fortement anisotrope, et cette extraction sélective est accompagnée d'une forte *orientation* des molécules extraites. Enfin, la demi-membrane extérieure, convexe, et la demi-membrane intérieure, concave, ont des propriétés intrinsèquement différentes, ce qui est observable par exemple par la différence des signaux de 32p en RMN. La vésicule a acquis automatiquement un *caractère vectoriel*. Un tel système auto-organisé est donc par là même auto-complexifié.

Auto-organisation et auto-complexification nous semblent être des conditions nécessaires – même si elles ne sont pas suffisantes – pour que des vésicules deviennent des 'proto-cellules'. Nous avons montré qu'il est possible avec des rendements étonnamment élevés de faire accepter à ces vésicules une 'coque' de polysaccharides analogue à la paroi externe des bactéries.¹³ Ringsdorf¹⁴ et Luisi¹⁵ ont

¹¹ Plobeck N., Eifler St., Brisson A., Nakatani Y. and Ourisson G., *Tetrahedron Letters*, 33, 1992, 5249-5252: Sodium di-polyprenyl phosphates form 'primitive' membranes; Pozzi G., Birault V., Werner B., Dannenmuller O., Nakatani Y., Ourisson G., Terakawa S., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 35, 1996, 177-180: Single-chain polyprenyl phosphates form 'primitive' membranes

¹² Ourisson G., Nakatani Y., *Tetrahedron Report (Addendum)*: Origins of cellular life: molecular foundations and new approaches., *Tetrahedron*, 55, 1999, 3183-3190.

¹³ Ghosh S., Lee S.J., Ito K., Akiyoshi K., Sunamoto J., Nakatani Y., Ourisson G., *Chem. Commun.*, 2000, 267-268: Molecular recognition on giant vesicles:

montré que, dans les membranes des vésicules, peuvent avoir lieu des réactions conduisant à la formation de polypeptides, modèles simplifiés de protéines, par condensation spontanée d'acides aminés. Deamer, Luisi et Gilbert avec de petits ADN,¹⁶ et nous-mêmes avec des ADN géants,¹⁷ ont montré qu'il est possible d'insérer des molécules d'acides nucléiques dans une de ces vésicules, et qu'elles y restent. Le rendement de cette incorporation est même étonnamment élevé, comme si la présence dans la vésicule d'ADN la stabilisait. On peut en fait même réaliser dans de telles vésicules la transcription d'ADN en ARN en y incluant les réactifs nécessaires, ce qui en fait des micro-réacteurs à parois souples.¹⁸ Bref, nous pensons avoir en main un modèle primitif de cellule, susceptible d'acquérir certaines des propriétés d'un être vivant, et susceptible de se complexifier davantage. Jusqu'où? C'est ce qui nous reste à déterminer.

Le couplage auto-organisation/auto-complexification ne dépend pas de la nature des amphiphiles formant les vésicules: il est une conséquence de la formation de vésicules. Mais les phospholipides 'classiques', constitués par des n-acylphosphoglycérolipides, sont très probablement 'récents': la synthèse de chaînes droites dans des conditions 'prébiotiques' ne semble pas possible. Par contre, un point important, que nous avons jusqu'ici passé sous silence, est que les phosphates de polyprényle pourraient raisonnablement avoir été les constituants membranaires les plus primitifs.¹⁸

coating of phytol phosphate vesicles with a polysaccharide bearing phytol chains.

¹⁴ Folda T., Gros L., Ringsdorf H., *Makromol. Chem. Rapid Commun.*, 1982, 3, 167-184.

¹⁵ Walde P., Wide R., Fresta, M., Mangore, A., Luisi, P.L., *J. Amer. Chem. Soc.*, 116, 1994, 11649-11654.

¹⁶ Deamer, D.W., Barchfeld G.L., *J. Mol. Evol.*, 18, 1982, 203-206; Monnard P.A., Oberholzer T., Luisi P.L., *Biochim. Biophys. Acta*, 1329, 1997, 39-50; c) Jay D.G., Gilbert, W., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1987, 84, 1978-1980.

¹⁷ Nomura S.M., Yoshikawa Y., Yoshikawa K., Dannenmuller, O., Chasserot-Golaz, S., Ourisson G., Nakatani, Y., Towards Proto-cells: 'Primitive' lipid vesicles encapsulating giant DNA and its histone complex, *ChemBioChem*, 2001, sous presse.

¹⁸ Tsumoto K., Nomura S.M., Nakatani; Y., Yoshikawa, K. Publication en cours.

On peut en effet envisager, pour leur formation prébiotique, des réactions simples (en ce sens qu'elles suivraient les règles ordinaires de la chimie *in vitro*, même si aucune n'a encore été démontrée comme réalisable sur le plan prébiotique, par exemple, il devrait être possible d'obtenir l'isopenténol par une 'simple' réaction acido-catalysée entre le formaldéhyde et l'isobutène, mais, si une telle réaction a bien été décrite, à chaud, dans un brevet,¹⁹ nous n'avons pas pu encore la reproduire dans des conditions plus douces. Par contre, nous avons pu reproduire dans des conditions 'quasi-prébiotiques', sur une argile et à des températures 'raisonnables', l'allongement de chaînes polypréniques de C₁₀ en C₁₅ et au delà.²⁰

Un problème non-résolu, et pour lequel nous n'avons aucune hypothèse raisonnable à proposer, est la nécessité, pour l'obtention de quelque système auto-organisé que ce soit, de disposer dans un espace suffisamment grand de *concentrations suffisantes* de tous les réactifs et catalyseurs nécessaires. Un aspect particulier de ce problème est la nécessité de disposer de *concentrations suffisantes* de phosphates: ces dérivés sont absolument essentiels à toutes les formes de vie,²¹ mais le phosphore est un élément relativement rare sur Terre, et les seuls dépôts abondants de phosphate de calcium que l'on connaisse sont... d'origine biologique. Darwin avait certes supposé que 'tout' avait pu commencer dans une petite flaque au bord de l'océan, flaque remplie d'eau de mer qui se serait concentrée en s'évaporant, et aurait pu devenir, par apports et évaporations alternés, suffisamment riche pour que démarrent les réactions nécessaires. Cette hypothèse n'expliquerait pas comment ensuite la Vie aurait pu s'étendre en dehors de cette flaque...

Bref, nous n'avons fait qu'esquisser quelques pistes. Il reste tout à faire...

¹⁹ Arundale E., Mikeska L.A., *Chem. Rev.*, 51, 1952, 505-555.

²⁰ Désaubry L., résultats non-publiés.

²¹ Westheimer F.H., Why Nature chose phosphates?, *Nature*, 235, 1987, 1173-1178.