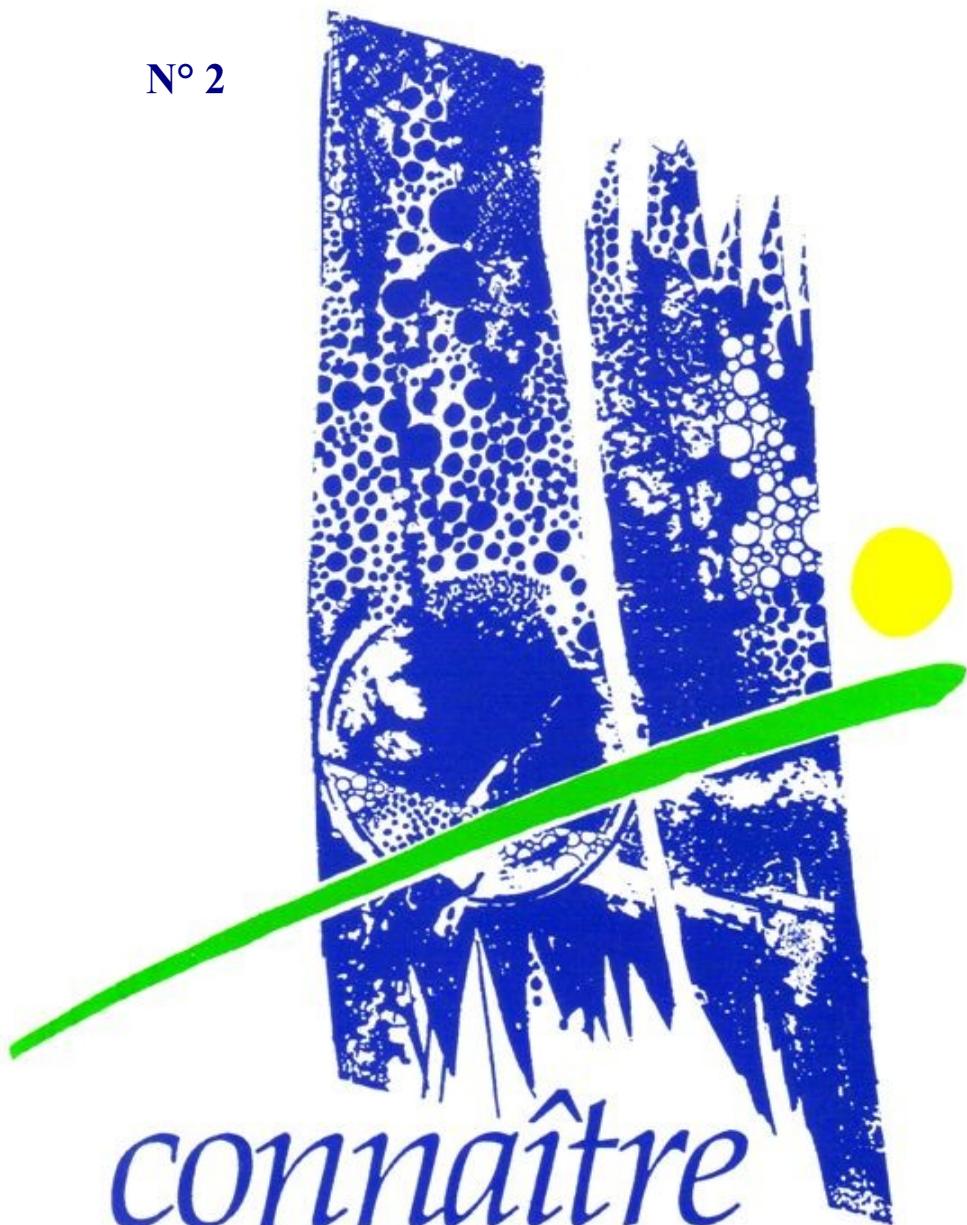


N° 2



connaître

*Cahiers de l'Association
Foi et Culture Scientifique*

CONNAÎTRE

REVUE SEMESTRIELLE

Editée par l'Association Foi et Culture Scientifique
91 av. du Général Leclerc
91190 GIF sur Yvette

N° 2 - Juin 1994

Rédacteur en chef: Philippe AUROY
Comité de rédaction: Dominique GRESILLON
Jean LEROY
Marc le MAIRE
Michel TROCHERIS

LE NUMERO: 50 F

ABONNEMENT : 90 F par an
Abonnement de soutien: 120 F par an

© Association Foi et Culture Scientifique, 1994
ISSN: 1251-070X

CONNAÎTRE

*CAHIERS DE L'ASSOCIATION FOI ET CULTURE
SCIENTIFIQUE*

SOMMAIRE

N°2 - Juin 1994

EDITORIAL	1
<hr/>	
<i>Evolution de la biosphère et de la géosphère</i>	2
<i>Marc le MAIRE, Bernard SAUGIER</i>	
<hr/>	
<i>Pourquoi associer foi et culture scientifique ?</i>	32
<i>Gérard JANNINK</i>	
<hr/>	
<i>En passant par l'expérience de l'homme</i>	34
<i>Olivier de BAYSER, Georges GUIOL, Marcelle L'HUILLIER</i>	
<hr/>	
POINT DE REPÈRE	49
<i>Le principe anthropique</i>	<i>Georges ARMAND</i>
<hr/>	
FORUM	62
<hr/>	
NOTES DE LECTURE	67

Éditorial

Les relations entre le monde scientifique et la société connaissent depuis quelques temps de profonds changements. Les signes qui accompagnent cette mutation sont très divers : parmi eux, on peut citer l'intervention croissante des médias dans la conduite de la recherche (en particulier, dans le domaine médical), la remise en cause du modèle traditionnel de développement (technologique et culturel) par la critique écologique, le désengagement progressif mais continu de l'État dans le financement de la recherche fondamentale... D'une manière générale, les scientifiques ne peuvent plus s'occuper de leur science dans leur (petit) coin comme au temps où la société leur avait ménagé un domaine réservé. Il leur est maintenant demandé de répondre de leur activité; ils doivent montrer le bien-fondé de leur science. Serait-ce l'aboutissement du mouvement de sécularisation moderne?

Cette mutation des relations entre le monde scientifique et la société s'accompagne aussi d'un renouvellement de la façon dont les chercheurs et les ingénieurs perçoivent et comprennent leur propre activité. Cependant, ces évolutions ne se font pas sans réticences : certains organisent la défense du pré carré. Cette crispation se retrouve aussi bien dans l'appel de Heidelberg que dans la pétition en faveur des médecins condamnés dans l'affaire du sang contaminé.

Pourtant cette remise en cause peut présenter une chance pour le monde scientifique et la société dont il fait partie : sommés de se justifier, les scientifiques doivent éprouver leur sens de la responsabilité. À quoi sert la recherche? Pourquoi telle invention? Quels choix opérer dans le développement de tel ou tel produit? Faut-il des limites à l'expérimentation en biologie? Autant de questions face auxquelles la science ne peut apporter par elle-même de réponse. Et pourtant ces questions ne peuvent rester sans réponse. Il s'agit de ne pas refuser cet itinéraire de questionnement. C'est aussi la démarche du croyant : sa foi n'est pas une réponse donnée une fois pour toute; mais le croyant doit en répondre, en particulier dans la cohérence entre ce qu'il fait et ce qu'il tient pour vrai.

P.A.

Évolution de la biosphère et de la géosphère

Marc le Maire et Bernard Saugier

La vie est apparue sur la Terre depuis plus de 3 milliards d'années. Elle a profondément modifié les conditions physico-chimiques à la surface de notre planète. L'article ci-dessous se propose de décrire brièvement ce qui s'est passé depuis la formation de la Terre, avec l'apparition de la vie puis son évolution vers des formes de plus en plus complexes. L'apparition de l'homme puis les changements globaux entraînés par les activités humaines sont traités un peu plus en détail. La conclusion souligne la responsabilité actuelle de l'humanité dans la gestion de la planète.

Il faut de suite faire remarquer que si la connaissance de certains faits est réelle (les fossiles, la comparaison des séquences génétiques actuelles), l'enchaînement qui en est proposé est nécessairement spéculatif puisqu'il s'agit d'une histoire.

On va même distinguer entre deux niveaux de spéculation :

- 1) spéculation généralement admise
- 2) spéculation plus osée ou point de vue plus personnel, points d'interrogation des scientifiques. Ce deuxième niveau de spéculation sera signalé par un texte en italique.

Enfin, parallèlement à cette vision profane, il y a des points chauds, c'est-à-dire, des points de rencontre avec la réflexion chrétienne. Ceux-ci seront signalés par des caractères gras.

Les dates sont, bien entendu, approximatives.

Formation du système solaire

Alors que notre galaxie a sans doute quelques 10 milliards d'années, notre système solaire s'est formé il y a 4,6 milliards d'années, probablement à partir de l'explosion d'une supernova, qui représente le stade terminal de la vie d'une étoile. Cette explosion a projeté divers gaz chauds dans l'espace et l'attraction gravitationnelle les a réunis en divers points de l'espace; en un de ces points, le soleil, la masse concentrée a été assez importante pour initier la fusion d'hydrogène en hélium à cause des fortes températures entraînés par la contraction de cette masse. Jupiter, la plus grosse planète, riche en hydrogène, paraît représenter une étoile avortée, parce que sa masse insuffisante ne lui a pas permis de démarrer la

fusion. Les compositions des planètes en éléments ont été déterminées par leur position relative au soleil et par leur vitesse de formation. Ainsi Mercure, la plus proche du soleil, est petite avec une très forte densité, alors que les grosses planètes (Jupiter, Saturne), plus éloignées du soleil, sont composées d'éléments légers qui ont pu être conservés à cause de la forte masse (liée à la taille) et de la faible température due à leur éloignement du soleil.

Les planètes intermédiaires, Vénus, la Terre et Mars, sont assez semblables quant à leur composition et à leur taille. Elles contiennent moins d'éléments légers qu'on n'en rencontre dans l'univers. Au moment de sa formation, la Terre était très chaude à cause de l'énergie provenant de la collision de nombreux petits corps planétaires, et de l'énergie interne libérée par la fission de noyaux lourds (radioactivité). La température était suffisante pour fondre les métaux comme le fer et le nickel qui ont alors migré vers le centre de la Terre pour former le noyau. Avec le refroidissement de la Terre, les éléments plus légers se sont progressivement solidifiés pour former le manteau (densité 3,0) et une croûte (densité 2,7) qui flotte sur les roches semi-fluides du manteau. Les lents mouvements de convection dans le manteau sont à l'origine de la dérive des continents qui flottent à sa surface, du volcanisme et du champ magnétique de notre planète. Ce champ magnétique forme une ceinture qui protège la surface contre les particules émises par le soleil au moment de ses pics d'activité (ceinture de Van Allen). Cette ceinture n'existe pas sur les planètes sans chaleur interne produite par radioactivité.

A cause des différences de densité, la composition de la croûte terrestre a donc été modifiée par rapport à la composition moyenne de la Terre : elle comprend surtout du silicium, de l'aluminium et de l'oxygène, et relativement peu de fer (6% contre 35% pour l'ensemble de la Terre).

- 4.5 milliards d'années, jeunesse de la terre et évolution chimique

*"Il est paraît-il des terres brûlées donnant plus de blés qu'un meilleur avril"
(Jacques Brel).*

Formation de l'atmosphère et des océans

La Terre primitive avait peu ou pas d'atmosphère, ni d'océans car sa température était trop élevée. Il semble possible qu'une partie des océans et de l'atmosphère se soit formée pendant les dernières phases d'accrétion de la Terre, à partir des météorites reçues à sa surface. L'étude de l'âge des cratères sur la lune montre que cette phase de bombardement s'est ralentie entre -4 et -3 milliards d'années. On sait que certaines météorites, appelées chondrites carbonées, contiennent de la glace et des molécules organiques simples avec du carbone, de l'azote et de l'hydrogène. L'atmosphère et les

océans proviennent aussi, pour une part sans doute essentielle, des gaz libérés par les éruptions volcaniques à partir des minéraux de la croûte et du manteau. On trouve dans ces gaz de la vapeur d'eau en grande quantité, CO₂, SO₂, N₂, et des traces d'H₂S et d'HCl.

Que contenait alors l'atmosphère terrestre? Contrairement à ce qu'on pensait dans les années cinquante, cette atmosphère n'était sans doute que faiblement réductrice, déjà dominée par l'azote, et contenant des quantités importantes de CO₂, de vapeur d'eau, et des traces de composés réduits, CH₄ et NH₃. Il n'y avait pas d'oxygène. Il y avait certainement beaucoup plus de CO₂ qu'aujourd'hui, comme c'est encore le cas dans les atmosphères de Mars et de Vénus, qui n'ont apparemment pas connu la vie et contiennent plus de 95% de CO₂ dans leurs atmosphères. Malgré tout, les proportions respectives des principaux composés simples de l'atmosphère primitive sont encore matières à discussion.

Lorsque la surface de la Terre s'est refroidie en dessous de 100 °C, la vapeur d'eau de l'atmosphère s'est condensée en un véritable déluge pour former les océans. Les plus anciennes roches terrestres, trouvées à l'ouest du Groenland et vieilles de 3,8 milliards d'années, indiquent déjà la présence d'eau liquide, qui n'a pas cessé depuis. Les océans paraissent avoir atteint leur volume actuel en un temps relativement bref.

Donc l'eau liquide existe maintenant sur la Terre, contrairement aux autres planètes de notre système solaire. Notons cependant que cette chance a peut-être été donnée aussi à la planète Mars, du moins dans les premiers temps de son existence.

Effet de serre et évolution de la température.

L'abondance de CO₂ provoquait un effet de serre beaucoup plus important qu'actuellement. L'effet de serre sur une planète est dû à l'atmosphère, dont certains gaz absorbent le rayonnement thermique émis par la surface dans les grandes longueurs d'onde (4 à 50 μm), et réémettent un rayonnement thermique vers la surface. Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau et le CO₂, d'autres gaz interviennent également, comme CH₄, N₂O, O₃ ou les CFC (chlorofluorocarbones), mais leurs faibles concentrations les rendent moins efficaces. Lorsque la concentration des gaz à effet de serre augmente, le chauffage radiatif de la surface augmente également. On peut exprimer cet effet de serre par la différence de température DT existant entre la surface et la planète vue de l'espace. Le tableau 1 montre que DT est de 10°C pour Mars dont l'atmosphère, dominée par le CO₂, est très ténue (pression 0,006 bars); il est de 33°C pour la Terre dont l'atmosphère contient de la vapeur d'eau et du CO₂, et de 490°C pour Vénus dont l'atmosphère, très épaisse (92 bars) est aussi dominée par le CO₂.

	distance au soleil	densité g cm ⁻³	diamètre équateur km	gravité m s ⁻²	pression bars	composition de l'atmosphère			albedo	T _{eq} °C	T _{sur} °C	DT °C
Vénus	0,72	5,24	12 104	8,86	92	N ₂ (%) 1?	O ₂ (%) 0	CO ₂ (%) 97	0,70	-30	460	490
Terre	1	5,52	12 756	9,81	1,01	78	21	0,035	0,30	-18	15	33
Mars	1,52	3,95	6 804	3,73	0,006	3	0	95	0,15	-56	-46	10

Tableau 1. Caractéristiques comparées de la Terre et des planètes voisines. L'albedo est la fraction du rayonnement solaire réfléchi par la planète vers l'espace. T_{eq} est la température d'équilibre de la planète vue de l'espace; elle dépend du rayonnement solaire absorbé. T_{sur} est la température moyenne de la surface. DT (= T_{sur}-T_{eq}) mesure le réchauffement par effet de serre.

Il y a 4 milliards d'années, l'intensité du rayonnement solaire était moindre qu'actuellement d'environ 30%. Si la Terre avait eu à l'époque la même atmosphère que maintenant, sa température moyenne de surface aurait été de moins 7°C au lieu des 15°C actuels. C'est à un effet de serre plus important dû à l'abondance de CO₂, qu'on doit sans doute les températures plus clémentes qui ont permis le maintien d'eau liquide et favorisé l'apparition de la vie.

Un autre facteur a joué un rôle favorable dans la stabilisation du climat. On sait que les saisons sont provoquées par le fait que l'axe de rotation de la Terre fait un angle de 23°27' avec la perpendiculaire au plan de son orbite autour du soleil, si bien que chaque hémisphère reçoit à tour de rôle le maximum d'éclairement. De petites variations de cet angle (et de deux autres paramètres de l'orbite, l'excentricité de l'ellipse, et la date à laquelle la Terre est la plus proche du soleil) provoquent des changements climatiques assez importants pour entraîner des glaciations ou des réchauffements de plusieurs degrés de notre planète. Or les planètes comme Mars ou Vénus ont connu des variations très importantes de cet angle, avec sans doute de très grands bouleversements climatiques. Par contre, la Terre a vu son orbite stabilisée par la présence de la Lune, et ne subit que de faibles variations de cet angle (plus ou moins 1°) (Laskar et Robutel, 1993).

Accumulation des biomatériaux

Quelles sont les énergies auxquelles la terre est soumise à cette époque? Il semble que la terre subissait des rayonnements ultraviolets intenses (car il n'y avait pas d'ozone pour l'arrêter) ainsi que d'autres rayonnements provenant de composés radioactifs abondants. Il y avait aussi sur terre une activité volcanique importante, des orages violents, une pluie de météorites etc. Sous cette action, des molécules un peu plus complexes se sont formées puis se sont accumulées en solution aqueuse : acide cyanhydrique, formaldéhyde etc. Ces molécules, elles-mêmes soumises à des cycles de chauffage, refroidissement, séchage, en présence de divers catalyseurs, se combinent pour donner certains éléments de base de la vie actuelle comme les acides aminés.

L'expérience de Miller (1953) et d'autres semblables sont souvent citées comme argument en faveur du scénario décrit ci-dessus; dans ces expériences, les principaux éléments que l'on pense être présents dans l'atmosphère primitive sont rassemblés dans un ballon, chauffés et soumis plusieurs jours à des décharges électriques pour simuler les conditions supposées de la terre primitive. Ensuite, les résidus accumulés dans la pâte visqueuse et noirâtre qui en résulte sont soigneusement analysés et l'on retrouve, dans certains cas, des acides aminés, des sucres, et d'autres molécules intermédiaires du métabolisme des cellules vivantes.

L'expérience de Miller a été effectuée en atmosphère réductrice (présence d'H₂ et de NH₃ en plus de CH₄ et H₂O) et de nombreux scientifiques pensent aujourd'hui que l'atmosphère d'alors n'était pas très réductrice. La même expérience effectuée sans hydrogène et avec du dioxyde de carbone est plus décevante (in de Duve, 1990).

Une autre hypothèse est avancée en ce qui concerne l'origine des premiers biomatériaux : ceux-ci pourraient venir de l'espace par l'intermédiaire de météorites, en particulier par les micrométéorites, qui sont tombés et tombent encore en abondance sur terre (actuellement il tombe environ 10 000 tonnes/an et à cette époque peut-être 10 000 fois plus). Leur analyse révèle, entre autres, la présence de plusieurs espèces d'acides aminés, des acides gras et des molécules qui interviennent dans la composition des acides nucléiques. Quoiqu'il en soit, "la Terre a fait son marché en puisant dans les produits locaux ou importés de l'espace" (Brack et Raulin, 1990).

Est-il vraiment raisonnable de penser que la terre, seule dans tout l'univers, a permis l'accumulation de biomatériaux? Cette question se pose de plus en plus sérieusement depuis que des acides aminés ont été détectés dans les météorites. La question de l'originalité de la Terre est évidemment liée à l'originalité de la vie. Il n'est pas du tout déraisonnable d'imaginer une autre Terre ailleurs, et il n'est pas exclu que lorsque l'exploration de Mars sera plus avancée, on y découvre des formes de vie primitive; remarquons aussi qu'il a existé des programmes de recherche très sérieux dans le but de découvrir une intelligence extraterrestre (SETI, search for extra-terrestrial intelligence, programme arrêté en 1993).

- 3.8 milliards d'années, apparition de la vie sur terre.

"Du soir montent des feux et des points de silence qui vont s'élargissant et la lune s'avance" (Brel).

Une apparition rapide

Depuis 4 milliards d'années jusqu'à nos jours, la température moyenne de la Terre a toujours permis la présence d'eau liquide et a présenté des conditions favorables au développement de la vie.

Les premiers signes de manifestation de la vie sont datés d'environ 3,8 milliards d'années.

Ce qui frappe l'observateur moderne, c'est que la vie est apparue aussitôt que les conditions favorables ont été réunies. Il a fallu que les galaxies se forment après le Big Bang, puis assez de temps pour former par nucléosynthèse tous les éléments nécessaires dans une étoile (ou peut-être deux successivement) qui a fini par éclater en supernova de façon à fabriquer les éléments lourds, ce qui a pris de l'ordre de 10 milliards

d'années. Les choses s'accélérent après la formation de la Terre puis celle de l'atmosphère et des océans. Des quantités sans doute considérables de molécules organiques (c'est-à-dire contenant du carbone) simples se sont accumulées dans l'océan, soit par apport de micrométéorites soit par synthèse chimique sur place. Elles ont fourni un terrain d'expériences à grande échelle pour les premiers tâtonnements de la vie. A un moment donné est apparu sur terre, très probablement dans l'eau, un système, une cellule primitive, capable de se reproduire de manière imparfaite mais de manière perfectible. Cet organisme primitif a complètement bouleversé son milieu, à l'échelle locale d'abord, puis, en se développant, à l'échelle globale.

Retenons de ce chapitre que la vie est apparue relativement rapidement : peut-être 300 à 700 millions d'années après la formation de la terre, et encore plus rapidement peut-être si l'on prend en considération la durée nécessaire pour avoir une réduction des bombardements météoriques et permettre la formation de l'atmosphère et des océans.

Qu'est-ce que la vie?

A quoi ressemblaient les premiers organismes vivants? On ne le sait pas vraiment. Ils étaient probablement plus simples que les organismes primitifs que sont les bactéries d'aujourd'hui. Mais qu'est-ce qui caractérise un être vivant?

-D'abord son fonctionnement ou métabolisme. Un être vivant utilise des substances trouvées dans son milieu pour assurer ses besoins : croissance et entretien.

-Ensuite sa capacité d'autorégulation. Les animaux à sang chaud, par exemple, maintiennent leur température constante; les plantes terrestres régulent leur teneur en eau malgré de fortes variations climatiques; à l'échelle moléculaire, les concentrations en enzymes (catalyseurs spécifiques du vivant) sont régulées en fonction des conditions externes.

Ces deux caractéristiques ne sont évidemment pas suffisantes pour définir un être vivant : une chaudière à mazout transforme le mazout en chaleur et régule son activité par l'intermédiaire d'un thermostat. Qu'y a-t-il de plus?

- L'autoréparation. Les êtres vivants manifestent une résistance étonnante vis-à-vis des agressions du milieu : notre peau cicatrise lorsqu'elle est écorchée, nos os se ressoudent après une fracture, alors qu'une voiture accidentée nécessite une intervention extérieure pour être réparée. Cette faculté d'autoréparation est absolument nécessaire à la survie et a donc été sélectionnée.

- L'autoreproduction. Tous les êtres vivants sont capables d'avoir des descendants, c'est aussi une condition de leur survie. Remarquons en passant qu'il existe deux tentations pour un être vivant cherchant à se reproduire : le strict conservatisme et l'anarchie. Se reproduire à

l'identique, c'est conserver ce qui a été acquis mais aussi s'interdire toute nouveauté, ce qui peut être suicidaire si les conditions externes se mettent à varier. Inventer toujours du nouveau à chaque génération, c'est perdre une information très précieuse si les conditions restent plus ou moins stables. Ce dilemme est résolu par un système de reproduction très conservateur qui recopie avec fidélité l'information génétique (taux d'erreur de l'ordre de un pour un million) mais permet la nouveauté grâce aux mutations qui sont des erreurs de recopie, aux transferts d'information génétique entre organismes (gènes sauteurs, intégration de génome entier tel que mitochondrie ou chloroplaste), aux recombinaisons qui s'effectuent notamment dans la reproduction sexuée.

Notons malgré tout qu'il est difficile de donner une bonne définition de la vie. Les cristaux grandissent et même se reproduisent mais ils ne sont pas vivants. Les virus se reproduisent également, ont un certain métabolisme et sont donc parfois considérés comme vivants mais ils sont à la limite de notre définition car ils dépendent entièrement de cellules-hôtes pour se reproduire.

Les organismes primitifs stockaient vraisemblablement leur patrimoine génétique dans des molécules permettant des échanges faciles avec l'extérieur, comme c'est encore le cas chez les procaryotes qui ont leur ADN directement dans le cytoplasme des cellules, alors que les eucaryotes qui sont apparus plus tard ont leur ADN isolé dans un organite spécialisé, le noyau.

Ce compromis réussi par le vivant entre conservatisme et capacité d'innovation a permis la formidable évolution des êtres vivants qui, lentement au début, puis de plus en plus vite, ont su coloniser l'ensemble des milieux disponibles à la surface de la Terre.

Comment est apparue la vie?

L'apparition de la vie sur terre reste une énigme. Si l'on connaissait la recette de la vie, il y a longtemps que des chercheurs l'auraient artificiellement reproduite. Cependant, de nombreux schémas ont été proposés pour décrire l'origine de la vie. Un schéma type, très résumé, pourrait être le suivant : les biomatériaux de base s'étant accumulés en grande quantité, ils polymérisent sous l'action de la chaleur et de divers catalyseurs. Les molécules plus complexes ainsi formées sont douées de nouvelles propriétés catalytiques. On imagine l'association de l'ancêtre d'un acide ribonucléique (ARN) et de protéines primitives (parfois appelées protéinoïdes) dans une cellule fermée par une membrane semi-perméable. L'ancêtre de l'ARN apporte à la cellule la partie reproduction c'est-à-dire le stockage et le transfert des informations. Les protéinoïdes apportent la catalyse, ils assurent la biochimie de base et un métabolisme élémentaire ainsi que la possibilité d'être perfectible. Enfin les acides gras et les autres composés amphiphiles forment les membranes.

Très tôt apparaît le code génétique tel qu'il existe encore de nos jours. De quoi s'agit-il? Un acide ribonucléique code pour une protéine c'est-à-dire qu'il contient un message et ce message est le suivant : à un groupe de 3 nucléotides contigus dans la séquence de cet acide ribonucléique correspond un acide aminé bien défini. Il y a 4 nucléotides différents: l'adénine (A), l'uracile (U), la guanine (G) et la cytosine (C). Il y a 20 acides aminés différents, par exemple la méthionine, l'isoleucine ou la valine. Rappelons que les nucléotides, une fois polymérisés, forment les acides nucléiques; de même, les acides aminés polymérisés forment les protéines. Les messages sont lus sur une macromolécule très complexe, le ribosome, qui favorise aussi la polymérisation des acides aminés en protéines dans l'ordre indiqué. Une fois la protéine synthétisée, elle acquiert naturellement une structure tridimensionnelle c'est à dire qu'elle se replie dans l'espace et du coup elle devient fonctionnelle. Ce qui est remarquable, c'est l'unité du monde vivant. Sauf exception, tous les êtres vivants ont le même code génétique, les mêmes 20 acides aminés sont codés par les mêmes nucléotides et les rares exceptions ne sont apparues que tard dans l'évolution. Cela suggère fortement que tous les êtres vivants sont les descendants d'une seule lignée cellulaire initiale. Un autre argument est l'universalité de la géométrie (chiralité) de certaines molécules. Par exemple, tous les acides aminés sont de type L dans les protéines des êtres vivants. Les acides aminés de type D ou de type L ont exactement les mêmes caractéristiques chimiques, ils renferment les mêmes atomes mais leurs structures tridimensionnelles sont comme l'image l'une de l'autre dans un miroir, à la manière d'une main gauche et d'une main droite. On pourrait très bien concevoir des êtres vivants utilisant uniquement des acides aminés de type D. Un mélange des deux types L et D dans le même être vivant, par contre, est très improbable pour des raisons de stabilité de structure protéique. Ainsi, si plusieurs lignées de cellules sont apparues, une seule a persisté.

En conclusion, le code et le type de molécule chirale ont été très rapidement figés par les contraintes d'une reproduction fidèle et pour maintenir la stabilité des polymères formés; l'unité du monde vivant découle de cela et de l'existence d'une seule lignée cellulaire.

En ce qui concerne le code génétique, il n'y a pas de relation logique entre un codon donné (groupe de 3 nucléotides) et l'acide aminé correspondant; autrement dit, il n'y a pas de bonnes raisons pour qu'au codon AUG corresponde l'acide aminé méthionine plutôt que l'isoleucine ou la valine. Le code génétique apparaît donc comme le résultat d'un accident figé.

Remarquons aussi que le code génétique, en tant que code, n'est pas perfectible. Ce qui peut être amélioré c'est la fidélité de la traduction. Par contre, en ce qui concerne le métabolisme, on peut concevoir aisément qu'il évolue dans la direction d'une efficacité croissante : les diverses

transformations et réactions chimiques de la cellule ainsi que des échanges avec l'environnement peuvent s'accélérer grâce à la présence de protéines plus performantes dans leur action catalytique : les cellules les plus efficaces monopolisent progressivement les ressources environnantes. Notons qu'il s'agit déjà là d'une description de l'évolution de type darwinienne, c'est-à-dire où seuls les plus aptes survivent .

Il y a plusieurs points obscurs dans le scénario qui consiste à présenter l'apparition de la vie comme étant le résultat d'une chimie prébiotique. En particulier, il est difficile, sinon impossible à l'heure actuelle, de montrer par des expériences que toutes les molécules des acides nucléiques ont pu être formées dans les conditions prébiotiques; en effet, ce sont des molécules complexes tripartites : base / sucre / phosphate et certains chercheurs pensent que des molécules plus simples doivent avoir précédé les acides nucléiques. Une idée avancée par de Duve (1990) notamment est celle d'un "protométabolisme" dominé par des thioesters, qui aurait permis l'apparition des acides nucléiques. Quoi qu'il en soit, il s'agit là d'un des aspects les plus mystérieux des origines de la vie. Par contre, à partir d'acides nucléiques déjà formés, bien des expériences intéressantes ont été effectuées: ils peuvent par exemple servir de matrice à leur propre duplication. Ainsi on est tenté de faire jouer un grand rôle dans l'origine de la vie à ce type de molécules en particulier aux ARN doués à la fois de certaines propriétés catalytiques et d'auto-répliquations. Parmi les ARN on pense plus spécialement à l'ARN de transfert qui, dans les cellules actuelles, lie les acides aminés et en favorise la polymérisation par leur situation de proximité sur les ribosomes.

D'autres auteurs pensent qu'il faut chercher l'origine de la vie dans des matériaux radicalement différents de ceux que l'on trouve actuellement dans les cellules par exemple : les argiles (Cairns-Smith, 1982), les surfaces de minéraux de fer et de soufre (Wächtershäuser, 1988); d'autres encore imaginent que la vie n'est pas apparue sur terre mais vient d'ailleurs. Le fait que des micro-organismes ou des spores survivent dans l'espace, sur les satellites par exemple, donne une crédibilité à cette hypothèse mais ne fait que repousser le problème de l'origine de la vie... ailleurs.

Plusieurs réflexions viennent à l'esprit : en premier lieu c'est avec raison que nous nous sentons proches de certains autres êtres vivants - nous sommes tous cousins!

Ensuite l'apparition de la vie a constitué une rupture dans l'histoire de la terre. Mais la vie est aussi le produit d'une histoire: histoire de l'univers avec son cortège de circonstances favorables à l'apparition de la vie telles que la distance de la terre par rapport au soleil, les conditions physico-chimiques sur notre planète... Puisque la vie est le produit d'une histoire, elle est

probablement irréproductible du moins d'une manière identique à celle que nous connaissons. Par exemple la correspondance entre codons et acides aminés pourrait être tout à fait différente. De même il a été montré que l'on peut partir de 6 nucléotides au lieu de 4 pour répliquer l'ADN (Piccirilli *et al*, 1990). On peut donc concevoir l'émergence d'une autre vie, probablement basée aussi sur la coopération entre une catégorie de polymères doués de propriétés d'autoréplication et d'autres polymères doués de propriétés catalytiques.

Si le code génétique actuel est le résultat d'un accident figé, voilà le hasard qui s'installe et ce, dès l'origine de la vie. Le rôle du hasard est parfois nié ("Dieu ne joue pas aux dés", attribué à Einstein) et parfois le même hasard est désigné comme seul responsable de la vie et de son évolution (Monod, 1970).

Faut-il être choqué de cette irruption du hasard? Après tout, dans d'autres sciences le déterminisme fait parfois défaut (physique, chimie...) Il s'agit peut-être d'un espace de liberté dans l'évolution, préfigurant et anticipant la liberté de l'homme¹. Notre liberté humaine n'est pas dans la pluralité des choix, mais dans le choix lui-même. Bien sûr, la pluralité des choix est une condition nécessaire à la liberté, mais chez l'homme, le choix ne s'effectue librement que s'il n'y a pas de critère d'optimisation, s'il est gratuit. Lorsque le hasard des mutations fait apparaître une protéine plus performante qui est ensuite sélectionnée, il y a un critère d'optimisation. Entre les degrés de liberté de l'évolution et la liberté humaine, il y a un changement de nature.

Naissance, diversification et décimation des espèces

Les premiers fossiles connus datent d'environ -3,5 milliards d'années, mais à cette époque il existait probablement peu d'espèces différentes. La grande diversification des espèces n'a eu lieu que beaucoup plus tard (probablement de -1 milliard à -700 millions d'années). La plupart des fossiles connus datent de -600 millions d'années. Les espèces actuelles nous apparaissent nombreuses : il y a environ 1,5 million d'espèces répertoriées et peut être dix fois plus en réalité (Ehrlich et Wilson, 1991). Et pourtant ces espèces ne représentent peut-être qu'un millième de celles qui ont existé; les autres espèces sont éteintes, d'où le terme "décimation" proposé par S.J. Gould (1989). Plusieurs sciences concourent à la construction de l'arbre phylogénétique des êtres vivants : la paléontologie, l'embryologie comparative, la phylogénie morphologique ou moléculaire.

Qu'est ce que la phylogénie moléculaire? C'est l'analyse de la parenté entre les séquences des acides nucléiques ou des protéines. Par exemple,

¹ Le hasard du code génétique n'est pas contradictoire avec un dessein de Dieu; les choses évoluent sous Son regard bienveillant sans qu'une intervention divine soit nécessaire. Ce point sera développé dans la dernière partie.

on constate que certaines protéines ont très peu évolué, en particulier celles touchant au stockage de l'ADN où à la synthèse des protéines. La comparaison des séquences de ces protéines chez la bactérie et chez la baleine révèle que ces deux espèces sont bel et bien cousines car leurs séquences sont semblables. Les parties de séquences qui ont évolué sont les parties les moins importantes. En analysant ainsi de nombreuses séquences, certaines ayant évolué vite et d'autres lentement, on parvient petit à petit à construire une sorte d'arbre généalogique des êtres vivants. Celui-ci est comparé aux arbres proposés par les autres sciences (par exemple la paléontologie). Nous en verrons un exemple à propos de l'évolution des primates.

Les espèces

Qu'est ce qu'une espèce et comment de nouvelles espèces se sont elles créées? Une espèce est une collection d'individus animaux ou végétaux ayant un aspect semblable, un habitat particulier, et pouvant se reproduire entre eux pour donner une descendance viable. Donc une nouvelle espèce existe dès que deux ou plusieurs individus sont féconds entre eux et se trouvent isolés génétiquement.

On peut imaginer plusieurs moyens d'isoler génétiquement une nouvelle espèce. Le plus simple est l'isolement géographique complet; une sous-population se sépare (elle arrive sur une île, pour prendre un exemple simple) et évolue à son rythme en fonction du milieu. Au bout d'un certain temps, on constate que si la population insulaire est remise en présence de la population continentale, elles ne peuvent plus se croiser car elles ont évolué de façon divergente; ce modèle de spéciation est appelé allopatrique.

Le modèle sympatrique, où il n'y a pas d'isolement géographique est moins évident : il est basé sur l'observation que, dans une population appartenant à la même espèce, il y a une distribution des caractères; tous les individus ne sont pas identiques mais il y a une variation autour d'une moyenne; par exemple, tous les hommes n'ont pas la même taille, tous les pinsons n'ont pas la même longueur de bec. Or les pinsons qui ont une longueur de bec exactement dans la moyenne subissent une compétition maximum pour la nourriture puisqu'il y a un grand nombre de pinsons identiques à eux. Au contraire, les pinsons qui se situent aux extrémités de la courbe de distribution des tailles subissent moins de pression et peuvent, suivant la taille de leur bec, utiliser des graines plus grosses ou plus petites. Si à la fois mâles et femelles à gros becs, ayant en moyenne plus de succès, se recherchent pour la reproduction, on peut concevoir une évolution progressive, et ce, sans isolement géographique. Cependant, on retrouve là une évolution de type darwinienne déjà décrite plus tôt et il est

clair qu'il est difficile d'envisager l'évolution en évoquant uniquement l'adaptation au milieu. En outre, on sait que le mélange des gènes est grand si les individus vivent au même endroit.

La version moderne du darwinisme ou néodarwinisme est la théorie qui envisage l'évolution comme une succession de mutations génétiques aléatoires dans les individus, mutations qui sont ensuite sélectionnées selon le mode darwinien: le plus apte survit à la compétition et son gène muté s'impose progressivement à l'ensemble de la population. C'est le hasard et la nécessité du philosophe grec Démocrite (voir aussi J. Monod).

Il est évident que cette hypothèse n'est pas parfaite. D'abord, il apparaît que beaucoup de mutations sont neutres, c'est à dire qu'elles ne favorisent ni ne défavorisent l'individu qui les porte. Ensuite, la plupart des mutations non neutres sont en fait délétères et ne permettent pas facilement d'imaginer une évolution dans le sens d'une acquisition de fonction telle que l'oeil, l'odorat ou dans le sens de la complexification croissante des espèces soulignée par Teilhard de Chardin. Il doit donc exister un ou plusieurs autres modes d'évolution que celui proposé par le néodarwinisme classique. La difficulté est une fois de plus liée au code génétique qui est toujours lu (de nos jours) dans le sens : acides nucléiques à protéines. Or l'adaptation se fait au niveau des protéines : nous l'avons vu au moment où nous avons parlé de l'origine du métabolisme. Le "néolamarckisme" impliquerait un passage de l'information protéines à acides nucléiques. C'est peut-être ce qui se dessine si l'on prend en compte le fait que des mutations importantes pour la survie de l'individu peuvent apparaître dans des régions non aléatoires du génome (Cairns et al, 1988). Il reste à comprendre comment ces mutations apparaissent précisément dans ces régions et, dans le cas des organismes pluricellulaires, peuvent se retrouver intégrées dans les cellules germinales (celles qui servent à la reproduction, voir section suivante).

Il est bien possible que des événements climatiques important aient influencé le cours de l'évolution: éruptions volcaniques ou chutes de gigantesques météorites. La disparition des dinosaures qui a permis l'émergence des mammifères et donc de l'homme pourrait bien être le résultat de tels événements.

L'homme est un accident de l'histoire (Gould, 1989), c'est-à-dire que l'évolution est le résultat d'un grand nombre d'événements aléatoires comme la chute ici ou là d'un météorite. L'hypothèse de Gould est que si l'on rejouait la pièce de théâtre intitulée "l'évolution" on pourrait aboutir à une série d'êtres vivants sur terre bien différents de ceux existant actuellement et l'homme pourrait être absent.

- 1,5 milliards d'années, les premiers eucaryotes

Les cellules eucaryotes se distinguent des procaryotes en ceci qu'elles sont beaucoup plus grandes (jusqu'à dix mille fois en volume), plus

complexes et possèdent un noyau entouré d'une membrane. Ce noyau contient plusieurs chromosomes. Les eucaryotes possèdent aussi plusieurs organelles comme les mitochondries, le réticulum endoplasmique etc. Il semble que les eucaryotes dérivent des procaryotes par une association symbiotique de plusieurs procaryotes. Les eucaryotes sont des cellules plus versatiles, mieux équipées pour agir sur l'environnement et le modifier.

La reproduction sexuée constitue une acquisition importante des eucaryotes : les cellules passent alors alternativement d'une phase diploïde (c'est-à-dire avec $2n$ chromosomes) à une phase haploïde (avec n chromosomes). Dans cette dernière phase, deux cellules distinctes, provenant de deux individus différents, doivent s'unir pour former à nouveau une cellule à $2n$ chromosomes. La reproduction sexuée entretient la diversité génétique, provoque l'apparition de nouveaux individus, et par là même, favorise une évolution plus rapide (Denis et Collenot, 1993).

- 700 millions d'années, les fossiles pluricellulaires

Lorsque les êtres vivants pluricellulaires (toujours des eucaryotes) apparaissent sur terre, des cellules spécialisées dans l'une ou l'autre fonction commencent à se développer. Il y a séparation de la lignée germinale dont la vocation est de se diviser sans interruption et des lignées somatiques, mortelles. On voit aussi le développement du système nerveux et donc l'apparition de la souffrance, du plaisir, de l'agressivité. Avec le cerveau se développe la vie sociale de divers animaux.

D'où vient la vieillesse et la mort? Une hypothèse pour expliquer l'origine de la mort est qu'elle résulte inévitablement du vieillissement des cellules suite à une accumulation progressive de défauts dans la machinerie cellulaire (mutations, erreurs de synthèse). Une autre hypothèse apparaît à l'heure actuelle plus vraisemblable : le vieillissement et la mort seraient programmés génétiquement et constitueraient une acquisition de l'évolution qui résulterait de la séparation des lignées germinales et somatiques (Denis et Lacroix, 1992). Cette acquisition serait bénéfique pour la survie de l'espèce en séparant les tâches de reproduction (cellules germinales) et d'adaptation au milieu (cellules somatiques). Les cellules somatiques doivent assurer la protection et la nourriture des cellules germinales; elles contrôlent donc aussi leur prolifération. Les premiers organismes pluricellulaires pourraient avoir été formés par l'association de cellules immortelles qui se reproduisaient de manière sexuée. Par la suite, seules les cellules germinales se sont reproduites de manière sexuée tandis que les autres, les cellules somatiques, acquièrent une fonction supplémentaire : l'aptitude à se reproduire un nombre limité de fois. Cela restreint donc forcément la taille de l'individu, ce qui est un avantage.

La mort est peut-être l'événement (de notre vie ou de la vie de nos proches) qui nous paraît le plus scandaleux, le plus difficile à admettre, surtout lorsqu'il s'agit d'un enfant. Souvent niée dans notre univers technicisé, elle s'impose néanmoins, d'autant plus difficile à admettre qu'elle n'est pas (ou n'est plus) intégrée dans notre mode de pensée. Et pourtant, la mort n'est pas une punition, c'est plutôt une astuce biologique. Que serait en effet un univers peuplé d'êtres vivants éternels? Ils confisqueraient à leur seul profit toutes les ressources disponibles dans le milieu, et empêcheraient ainsi toute évolution ultérieure. On dit qu'il en est de même des théories scientifiques : une nouvelle théorie devient acceptée quand les partisans de l'ancienne sont morts... On peut faire un raisonnement analogue pour la souffrance : elle constitue un avertissement important pour l'organisme que quelque chose ne va pas, au même titre que les voyants rouges dans une expérience; il est dangereux de l'ignorer.

Note sur les ères géologiques

Les ères géologiques sont divisées en cinq : précambrien, ère primaire (paléozoïque), ère secondaire (mésozoïque), ère tertiaire (cénozoïque) et ère quaternaire. Chacune des transitions entre ces ères correspond à une série d'événements importants. Ainsi la limite précambrien/primaire (-570 millions d'années) est une époque où la diversification des espèces fut extrêmement importante : on l'appelle l'explosion cambrienne. Elle correspond à la première apparition d'animaux multicellulaires avec des parties dures dans les fossiles. La transition primaire/secondaire (-225 millions d'années) correspond à une période d'extinction massive : 96% des espèces marines ont disparu. La transition secondaire/tertiaire (-65 millions d'années) a vu également une vague d'extinction, la plus célèbre étant celle des dinosaures, qui a permis l'évolution des grands mammifères. Enfin la transition tertiaire/quaternaire correspond à l'émergence des hominiens.

Parmi ces transitions, la première est certainement la plus énigmatique. L'explosion cambrienne obsédait déjà Charles Darwin. Il se posait en particulier deux questions :

1. Pourquoi la vie multicellulaire est-elle apparue si tardivement? Nous savons maintenant qu'elle est apparue après environ 3 milliards d'années d'existence de la vie.
2. Pourquoi ces créatures multicellulaires, anatomiquement complexes, n'ont-elles pas eu de précurseurs directs plus simples dans les fossiles du précambrien?

Ces questions de Darwin, de célèbres paléontologues se les posent de nos jours. En effet, il n'y a pas eu de montée graduelle dans la complexité, ainsi que le prédisait Darwin; en seulement 100 millions d'années, trois faunes radicalement différentes semblent être apparues : les créatures d'Ediacara (-700 millions d'années, les tout premiers multicellulaires), celles

de Tommotian (-650 millions d'années) et finalement la faune moderne de Burgess (-530 millions d'années). Ces noms désignent des localités respectivement australienne, russe et canadienne où ces formes ont d'abord été découvertes. Ainsi, comme l'indique S. J. Gould, il y eu 2,5 milliards d'années avec des procaryotes et rien d'autre, ce qui représente les 2/3 de l'existence de la vie. Ensuite il y eu 700 millions d'années avec des cellules nettement plus grandes et complexes, les eucaryotes, mais pas d'agrégation en êtres multicellulaires. Enfin en 100 millions d'années, il y a eu un miracle de diversité avec les trois faunes remarquablement différentes évoquées ci-dessus. Et depuis, plus de 500 millions d'années plus tard, la vie s'est développé de façon magnifique, mais sans créer un seul phylum nouveau : il n'y a pas eu de nouveau plan anatomique par rapport à celui connu au temps de la faune de Burgess.

Développement ultérieur de la vie et apparition de l'homme

- 450 millions d'années, premiers vertébrés*
- 420 millions d'années, premières plantes terrestres*
- 250 millions d'années, apparition des dinosaures*
- 200 millions d'années, premiers mammifères*
- 70 millions d'années, premiers primates*
- 65 millions d'années, extinction des dinosaures et développement des mammifères*
- 40 millions d'années, premiers simiens*

- 10 millions d'années, origine et évolution du groupe des hominidés

Parenté avec les autres primates

Le berceau de l'humanité se trouve vraisemblablement en Afrique. C'est le seul continent où l'on trouve nos plus proches parents, les gorilles et les chimpanzés. Notre histoire a pu être précisée en utilisant les découvertes d'un nombre croissant de fossiles. Une dizaine de spécimens d'hominoïdes sont connus. Ils sont tous fragmentaires mais certains indiquent la station bipède qui est une caractéristique importante par rapport aux singes. De manière surprenante aucun fossile ne peut être attribué avec certitude à la lignée ancestrale du gorille ou du chimpanzé. Il semble que la séparation des espèces (grands singes-hominidés) soit due à la dérive des continents qui a provoqué la grande cassure du rift africain : ceux qui se trouvaient à l'ouest du rift ont poursuivi une évolution sans contraintes dans la forêt, tandis que ceux qui ont été isolés à l'est (les hominidés), en milieu découvert où ils étaient plus vulnérables, ont dû

s'adapter à des conditions plus difficiles de survie, d'où leur développement cérébral.

Grâce aux progrès de la biologie moléculaire on peut tenter de reconstituer notre parenté avec les autres primates (Diamond, 1993). La comparaison des séquences d'ADN entre les chimpanzés et les hommes révèle que nous différons d'eux par seulement 1,6% de notre ADN. Peut-on traduire cette différence en temps? Nous savons que les grands singes sans queue (chimpanzés, gorilles, orangs-outangs, gibbons) ont divergé des singes avec queue il y a entre 25 et 30 millions d'années, et ils diffèrent de ces derniers par environ 7,3% de leur ADN. Par ailleurs, les orangs-outangs ont divergé des chimpanzés et des gorilles il y a entre 12 et 16 millions d'années et diffèrent d'eux par environ 3,6% de leur ADN, ce qui fournit une échelle de temps assez concordante et permet de conclure que nous nous sommes séparés des chimpanzés il y a entre 6 et 8 millions d'années. C'est vers -4 millions d'années que l'on rencontre pour la première fois des hominoïdes qui ont adopté la marche debout.

Australopithecus afarensis

Un squelette complet est découvert en Éthiopie. C'est "Lucy" une femelle de 30 kg datée de -2,8 à -3 millions d'années. Parmi les autres individus trouvés à proximité, il y avait des mâles qui pouvaient peser 80 kg : on constate donc un fort dimorphisme sexuel. Leur cerveau a un volume d'environ 350 cm³, comme les chimpanzés actuels. Ils se déplaçaient debout mais possédaient encore les équipements articulaires et musculaires pour grimper aux arbres. On n'a pas retrouvé d'outils.

Australopithecus africanus

Il apparaît vers -3 millions d'années. Il a le cerveau un peu plus grand, 450 à 500 cm³ et pèse 50 kg en moyenne pour environ 1,25m de taille (femelles 30 kg, mâles jusqu'à 65kg).

Paranthropus robustus

Vers -2 millions d'années se produit une séparation entre l'australopithèque robuste *Paranthropus robustus* qui s'est éteint vers -1,2 millions d'années, *Australopithecus africanus* qui a donné naissance à *Homo habilis* (un fabricant d'outils) et un troisième homme dont la trace s'est perdue. *Paranthropus robustus* a une mâchoire très robuste et un cerveau de 500-550cm³. Nous ne descendons pas de cette lignée et pourtant elle aurait aussi inventé des outils (en bois et en os). Du point de vue de l'évolution du squelette, on constate que le bout du pouce peut être amené en face de l'index ce qui permet une prise de précision, alors que cela est impossible pour les chimpanzés et les gorilles.

Homo habilis

Il apparaît vers - 2 millions d'années. Il a une capacité crânienne de 650-800 cm³. Les mains, les pieds, les proportions des membres sont très proches de l'homme actuel. Il pèse une quarantaine de kg pour 1,50 m. Sa mâchoire est moins proéminente que celle de ses ancêtres. Il vivait en Afrique de l'Est dans une savane arborée, le long des lacs et des rivières. Il est habile pour tailler les outils de pierre, silex ou quartzite. En général, une seule face est taillée. Il semble qu'il ne chassait pas mais pratiquait la cueillette (restes de végétaux). Il profitait sans doute aussi des restes de repas laissés par les prédateurs. Son descendant est probablement *Homo erectus*.

Homo erectus

Il y a environ 1,7 millions d'années apparaît *Homo erectus*, seul survivant des Homo. Il était autrefois appelé le pithécantrophe et les derniers représentants persistent jusqu'à -300 000 ans. Il a une plus grande stature (1m80 pour 70 kg) et un cerveau nettement plus grand (850 à 1100 cm³). Le dimorphisme sexuel est moindre. Ils quittent l'Afrique et se répandent en Europe au Proche-Orient et en Extrême-Orient (homme de Pékin, de Java). Ils pratiquaient la chasse et mangeaient de petits animaux aussi bien que des plantes.

Ils semblent avoir utilisé et contrôlé le feu (vers -400 000 ans). Comme outils, ils avaient de grands bifaces qui remplacent les éclats précédents. Les bifaces s'améliorent progressivement par des retouches de plus en plus précises, les tranchants deviennent plus fins. La densité de la population est faible sur un territoire étendu. Les descendants de l'*Homo erectus* sont probablement l'*Homo sapiens neanderthalensis* et l'*Homo sapiens sapiens*.

Homo sapiens

Vers -130 000 ans apparaît l'homme de race Neandertal, du nom d'une vallée allemande. Son territoire s'étend de l'Europe de l'ouest jusqu'à la Russie et de l'Europe du sud au Proche Orient et à l'Ouzbékistan. Il est encore très différent de l'homme moderne, la forme crânienne est un peu simiesque avec des sourcils et des mâchoires protubérants, une masse musculaire impressionnante (typiquement 1m60 pour 80 kg) et un cerveau de volume égal ou supérieur au nôtre (1350 cm³ et jusqu'à 1700 cm³, alors que nous avons en moyenne 1450 cm³); il a des incisives usées à l'extérieur par la pratique de tenir des objets ou de mordre la viande ou le cuir. Ses jambes et avant-bras sont plus courts que les nôtres. Ses outils sont partout les mêmes et assez rudimentaires : pierres taillées, javelots. Il développe une soixantaine de nouvelles formes d'outils par rapport à *Homo erectus*. Cependant, on ne trouve pas trace d'aiguilles ou de bateaux, et il ne semble pas y avoir eu de progrès marqué entre -100 000

et -40 000 ans. L'âge maximum des hommes de Neandertal est de 45 ans; les morts sont apparemment enterrés, et on a rencontré beaucoup de squelettes avec des signes de maladie (arthrite osseuse) ou des os brisés, ce qui laisse penser qu'ils avaient déjà le souci de protéger les plus faibles de leur communauté.

C'est brutalement que disparaissent les Neandertal il y a environ 35 000 ans après avoir cohabité 5 à 10 000 ans avec les *Homo sapiens sapiens*, hommes de Cro-Magnon venus du Moyen-Orient en Europe vers -40 000 avant J.C. Les hommes de Cro-Magnon ont le physique de l'homme moderne. Leurs outils se perfectionnent rapidement : fines lames de pierre ou d'os, cordes, filets, hameçons pour chasser les oiseaux et les poissons, aiguilles, arcs et flèches, arbalètes... Mais les industries de ces derniers montrent une continuité par rapport à celles des Néandertaliens: on observe l'invention de quelques dizaines d'outils supplémentaires. L'outillage se perfectionnant, il y a diversification de la nourriture avec attaque de grands mammifères jugés auparavant trop dangereux. Ce perfectionnement de la chasse a peut-être conduit à l'extinction de nombreuses grandes espèces de mammifères : mammoth, rhinocéros laineux et cerf géant d'Europe, buffle géant d'Afrique, cheval géant du Cap, kangourou géant d'Australie. On observe un développement de l'art (grottes comme celle de Lascaux -18 000 ans, bijoux, figures de fécondité). La longévité s'accroît jusqu'à 60 ans, ce qui permet aux grands-parents d'enseigner leur expérience à leurs petits-enfants, alors que les parents sont trop occupés aux tâches de recherche de nourriture et de défense.

La transition Neandertal - Cro-Magnon est brutale en Europe de l'ouest; elle se produit un peu plus tôt en Europe de l'est, et encore plus tôt au proche Orient, de -90 000 à - 50 000 ans, avec des oscillations entre la domination des Neandertal et celle des Cro-Magnon. L'avantage des Cro-Magnon réside peut-être dans leur langage : le développement de l'anatomie du larynx, de la langue et des muscles associés a permis une communication de plus en plus développée, permettant une coordination de tout un groupe pour des actions communes comme la chasse des grands mammifères, y compris sans doute, hélas, aussi des Neandertal. On n'a pas retrouvé de traces d'hybride entre Neandertal et Cro-Magnon, sans doute parce que le langage développé de ces derniers a rendu sans intérêt une communication réelle avec les premiers. A partir de -40 000 ans on constate une accélération de l'évolution culturelle, qui allait se révéler beaucoup plus rapide que l'évolution génétique qui l'avait précédée.

Au Néolithique (nouvelle pierre, pierre polie), de 10 000 à 5 000 avant J.C., apparaissent progressivement au Proche et Moyen-Orient les villages, un art mobilier, puis l'agriculture et l'élevage. Notons que l'agriculture est sans doute apparue à plusieurs endroits du monde à peu près simultanément (Amérique du nord -10 000 ans, Mélanésie -30 000

ans). Les figures féminines en pierre ou terre cuite apparaissent vers 8 000 avant J.C. Elles pourraient être un symbole de la religion néolithique. Des villages anatoliens du VI^{ème} millénaire sont plus explicites : on note les représentations de déesses sous forme de statuettes, peintures, hauts-reliefs sur les murs des sanctuaires ainsi que des symboles de taureaux et d'autres animaux.

Les premiers changements perceptibles concernent d'une part le plan sociologique par le regroupement dans les villages d'individus plus nombreux et d'autre part le plan symbolique et religieux par la montée de la figure humaine dans l'art et la promotion de deux symboles dominants : le principe féminin (forme humaine dès le début) et le principe masculin (forme animale au début puis rapidement forme humaine). Notons qu'avec la déesse-mère, ce n'est pas l'idée et l'image d'un dieu mystérieux et terrifiant qui émerge d'abord, mais au contraire, celle d'une déesse symbolisant un acte naturel et souhaité de la vie : la procréation. Le sacré paraît hiérarchisé, avec des divinités souveraines et, progressivement, personnalisées.

Quelles sont les singularités de l'hominisation?

Les composantes corporelles ont été soulignées :

- le pied et la locomotion bipède. L'homme est un plantigrade parfait mais notons déjà que l'enfant doit apprendre à marcher.

- la main

- l'encéphalisation, surtout de la région antérieure. Le volume du cerveau et donc le nombre de neurones augmentent. On remarquera que la complexité du cerveau s'accroît dans l'embranchement des vertébrés et, à l'intérieur de celui-ci, dans la classe des mammifères. L'acquis augmente par rapport à l'inné. Les vertébrés, par rapport aux invertébrés, ont donc développé des processus de traitement de l'information et des réponses appropriés à chaque situation. Chez les primates, les conduites innées deviennent minoritaires et, si elles sont encore nombreuses chez les singes, elles sont rares chez l'homme (par exemple, le sourire et la tétée du nourrisson). Chez l'homme, la tradition sociale transmise de génération en génération impose la faculté de communiquer et la faculté de mise en mémoire. Le langage articulé d'une part et la réflexion abstraite d'autre part sont aussi des singularités de l'hominisation. La réflexion était peut-être à l'origine un simple dialogue main / cerveau pour la confection d'outils .

Notons que les animaux sont aussi capables de conduites complexes (grands singes et certains oiseaux utilisant des outils, castors construisant des barrages...) Certains animaux sont capables de s'adapter rapidement à des situations nouvelles ou imprévues (rats, mouettes). Le jeu, attitude gratuite, n'est absolument pas l'apanage de l'homme (voir le chat, le chien, les martinets dans le ciel d'été...) Enfin l'affectivité est aussi décelée chez

d'autres mammifères que l'homme. Les animaux sont capables de mémoriser ou d'anticiper des situations (par exemple, le chien qui attend son maître). Par contre, l'homme peut projeter beaucoup plus loin dans le temps, ce qui pourrait être un critère de distinction. Les chimpanzés ont une certaine compréhension des langues parlées. Mais, même si on utilise le langage des sourds-muets, les performances de l'animal ne vont pas très loin. L'homme est capable de produire des sons variés grâce à son larynx, mais l'oiseau aussi a cette capacité. L'homme a une période d'apprentissage très longue, mais une transmission du savoir adulte-jeune se rencontre aussi couramment dans le règne animal. La supériorité de l'homme ne serait pas due à des critères précis mais à la convergence et à la synthèse de toute une série de critères, chacun d'eux affectés d'un coefficient supérieur chez l'homme.

Il existe une polémique entre des paléontologues et des biologistes moléculaires au sujet du passage entre Homo habilis et Homo sapiens. Les premiers envisagent ce passage par Homo erectus de manière assez régionale (races) et à une époque plus reculée (-850 000ans) que les biologistes moléculaires. Ceux-là proposent une apparition plus récente d'une "Eve africaine" de type sapiens (entre -100 000 et -200 000 ans). Ses descendants seraient ensuite sortis d'Afrique et auraient colonisé les autres parties du monde (Asie, Australie, Europe) en remplaçant les hominidés autochtones sans brassage génétique.

Quand est apparu le langage articulé? Les conjectures sont basées sur l'empreinte de l'aire de Broca, morceau du cortex associé à la production de la parole et à l'existence d'un larynx placé suffisamment bas pour laisser un grand espace de mouvement au pharynx, cela afin de pouvoir modifier les sons émis. Envisageons donc successivement les différentes étapes de l'homínisation à ce sujet:

Homo habilis : pas de preuves fossilisées.

Homo erectus : leur larynx est nettement plus bas que celui des premiers homínidés.

Homo sapiens : ils peuvent sans doute parler mais notons que les premières traces d'écriture remontent seulement à - 6 000 ans.

Quels sont les avantages liés à la domestication du feu? Certains sont évidents : chaleur et protection contre les bêtes fauves. D'autres sont plus subtils ou plus spéculatifs; on peut suggérer par exemple la possibilité de cuire la viande, ce qui réduit considérablement le temps nécessaire à la mastication et à la digestion, et les risques d'intoxication par des parasites. Le feu libère ainsi la bouche pour la parole. D'autre part, le feu permet aussi de peindre les grottes (lampes à huile) et il forme les ombres projetées sur le sol ou sur les murs des grottes ou des habitations, ce qui a peut-être permis

de faire la distinction entre l'être vrai, en chair et en os, et sa représentation, son ombre.

Le travail et l'effort apparaissent dans la vie quotidienne vers 10 000 avant J.C. : construction de villages, agriculture, élevage. Y a-t-il eu nécessité? Pour J. Cauvin, le changement de cap n'est pas la conséquence d'une fatalité économique (pénurie de ressources) mais est le résultat d'une évolution de l'imaginaire intérieur et collectif; le psychisme de l'homme apparaît dramatisé et distendu, la perfection s'éloigne et monte pour devenir l'apanage d'un dieu hors d'atteinte. Cela expliquerait la rupture d'équilibre et l'irruption historique du travail et de l'effort. Pour d'autres archéologues, c'est la pénurie alimentaire qui a provoqué le développement de l'agriculture : l'effectif des gros gibiers trop chassés par l'homme aurait diminué. On constate que des mollusques ont été consommés à cette époque, ce qui pourrait être un signe de pénurie.

Peut être que l'idée de l'agriculture est venue d'abord de l'observation du stockage des graines, des graminées par certains rongeurs, en particulier les hamsters. La recherche de ces "greniers d'hiver" s'est faite encore récemment dans certaines peuplades. L'observation de la germination de graines stockées au printemps pourrait être la deuxième étape importante dans le processus de compréhension. Le syndrome de la domestication est aussi évoqué; il s'agit de l'observation que certaines plantes sont plus aptes que d'autres à l'agriculture : celles dont tous les épis arrivent à maturité simultanément, celles dont les graines ne tombent pas facilement au sol...

Y a-t-il eu modification du programme génétique pour passer aux comportements où l'acquis domine l'inné (par exemple, apparition d'un système de contrôle des gènes responsables des comportements innés)? Que peut-on dire de l'évolution biologique future de l'homme, de l'évolution de son cerveau, vers quoi nous dirigeons-nous ? Si l'on se focalise sur le cerveau, il est clair que l'on décèle une évolution jusqu'à Homo sapiens. Mais cette évolution, du moins en volume, semble maintenant arrêtée. Peut être donc que nos ancêtres d'il y a 40 000 ans avaient un cerveau en tout point identique au nôtre y compris dans ses immenses possibilités latentes utilisées seulement de nos jours (mathématiques, description de l'univers...) Il est clair que le cerveau n'a pas pu être sélectionné sur ses possibilités latentes, dévoilées seulement de nos jours.

Sans la cassure du rift, y aurait-il eu apparition de l'homme? A nouveau on est confronté avec les hasards de l'évolution.

L'espèce *Homo sapiens* a-t-elle volontairement contribué à la disparition d'autres espèces ou races d'hominidés, (*Paranthropus robustus*, *Homo erectus*, *Homo sapiens neanderthalensis*) eux-mêmes doués de pensées? L'*Homo*

sapiens est-il essentiellement agressif et chasseur? Pourquoi sommes-nous la seule espèce d'hominiés actuellement existante?

Lors de la séparation homme / grands singes, les différences entre les uns et les autres étaient faibles. Y a-t-il eu une rupture nette entre la pensée et la non-pensée, entre la réflexion et la pensée religieuse¹? C'est peu probable.

Quand, pourquoi et comment une pensée religieuse est-elle apparue? On sait que les moustériens (-100 000 ans) enterraient déjà leur morts, au besoin sur un lit de fleurs (Shanidar, Irak) mais le clivage entre l'homme et la divinité n'apparaît que beaucoup plus tard (vers - 8 000).

Le sens moral de l'homme continue de s'affiner, même si l'expérience montre que sa mise en pratique peut subir des reculs. Quand ce sens moral est-il apparu et aurait-il pu être différent s'il était basé sur d'autres religions, honorant des dieux différents? Y a-t-il des religions vouées à l'échec (maya, animiste...) parce qu'elles sous-tendent une morale incompatible avec l'avenir de l'*Homo sapiens*? L'évolution biologique et l'évolution religieuse vont-elles dans le même sens?

Transformation de la géosphère par la biosphère

Pour analyser l'impact des êtres vivants sur la Terre, faisons un saut considérable en arrière et revenons au premier organisme. Il a commencé par utiliser les molécules organiques simples se trouvant à son voisinage, et a dû rapidement connaître la faim parce que ce stock initial s'est épuisé et que les apports extérieurs ne suffisaient plus aux besoins de sa population grandissante. Il a donc dû évoluer - condition indispensable à sa survie - pour synthétiser lui-même des molécules organiques à partir des éléments minéraux rencontrés dans son milieu (dont bien sûr le CO₂). C'est pourquoi les éléments abondants chez les êtres vivants (C,O,H,N,S,P) se rencontrent soit dans l'atmosphère (CO₂), soit dissous dans l'eau (H₂O, NO₃⁻, SO₄⁻, PO₄⁻). En langage savant, on est passé d'un organisme hétérotrophe (se nourrissant des autres, du grec heteros, l'autre et tropheïn, se nourrir) à un organisme autotrophe (se nourrissant soi-même).

Le passage à l'autotrophie a été réalisé très tôt, il y a 3,5 milliards d'années. Un premier indice nous en est fourni par l'existence des stromatolites. Ce sont des formations rocheuses très particulières qui se forment à partir de colonies d'algues bleu-vertes (cyanophycées) : elles constituent des spirales qui se fossilisent et permettent ainsi de les

¹ S'il s'agit d'une évolution progressive, cela n'implique-t-il pas que l'amour de Dieu s'étend à l'ensemble de la création, pas seulement à *Homo sapiens*?

reconnaître. On a retrouvé des stromatolites fossiles datant de 3,5 milliards d'années et qui sont très proches de celles vivant actuellement sur la côte ouest de l'Australie.

Une autre indication vient du contenu isotopique de la matière organique fossile. On sait que le CO₂ atmosphérique renferme une faible proportion (1,1%) d'un isotope stable, le ¹³C. En raison de sa masse plus importante (45g/mole au lieu de 44), le ¹³CO₂ diffuse un peu moins vite que le ¹²CO₂ dans l'air, ce qui entraîne une première discrimination vis-à-vis du ¹³C; de plus, il se produit, lors de la fixation photosynthétique du CO₂ par la plupart des plantes, une seconde discrimination, environ 4 fois plus importante, vis-à-vis du ¹³C. Il en résulte que la teneur en ¹³C de la matière végétale est plus faible d'environ 20 pour mille que celle du CO₂ d'origine. Ceci est bien connu sur les plantes actuelles. Or les dosages de matière organique fossile montrent que le rapport ¹³C/¹²C n'a pas varié depuis 3,5 milliards d'années. On en déduit que la réaction photosynthétique de fixation du CO₂ a commencé dès cette époque reculée.

Les premières réactions photosynthétiques ont probablement utilisé de l'hydrogène sulfuré H₂S selon la réaction :



qui est plus facile à réaliser que la réaction avec l'eau :



Cette dernière réaction s'est apparemment produite un peu plus tard, quand les réserves d'H₂S se sont épuisées. L'oxygène libéré s'est alors fixé sur les roches réductrices existant alors à la surface du globe. Le témoin de cette oxydation est l'existence de roches sédimentaires vieilles de 3,5 milliards d'années, contenant d'épais dépôts d'oxyde ferrique Fe₂O₃ entrelacés de sédiments siliceux. Ces formations de fer en bandes ont atteint leur maximum de développement entre -3 milliards et -2,5 milliards d'années.

D'autres composés se sont oxydés comme la pyrite (FeS₂) qui donne du sulfate SO₄⁻ et de l'oxyde ferrique Fe₂O₃. Les dépôts de ces oxydes ont cessé il y a environ deux milliards d'années. On pense qu'à cette époque l'oxygène a commencé à s'accumuler dans l'atmosphère, très lentement au début, puis de façon accélérée à partir de -600 millions d'années jusque vers -200 millions d'années. Rappelons que la grande explosion de la biodiversité s'est produite à la fin du précambrien, vers -570 millions d'années. La concentration d'oxygène a alors progressivement atteint son niveau actuel de 21%. Ainsi l'oxygène que nous respirons actuellement est d'origine photosynthétique. Son augmentation a permis le développement d'organismes de plus en plus complexes dont les besoins énergétiques se sont accrus. En absence

d'oxygène, l'énergie nécessaire au fonctionnement des cellules est fournie par la fermentation du glucose qui est partiellement oxydé en alcool. En présence d'oxygène, la respiration fournit beaucoup plus d'énergie car le glucose est complètement oxydé en CO₂ et H₂O. L'apparition de la vie a donc modifié la composition de l'atmosphère en permettant des formes de vie de plus en plus complexes, avec des besoins énergétiques accrus. L'apparition d'oxygène a aussi permis la formation d'une couche d'ozone dans la stratosphère, filtrant les rayons ultraviolets nocifs du soleil et permettant le développement de la vie sur les continents.

Notion d'écosystème et évolution de la biosphère.

On voit qu'il n'est pas possible de dissocier l'évolution des êtres vivants de celle du milieu physique et chimique. On a pris l'habitude de désigner sous le nom d'écosystème un ensemble organisé d'êtres vivants et de leur environnement, susceptible de se maintenir en bon état de marche lorsqu'il reçoit de l'énergie. Un grand aquarium bien géré est un bon exemple d'écosystème. Il contient des producteurs (phytoplancton, macroalgues) qui utilisent la lumière, du CO₂ et des éléments minéraux dissous dans l'eau pour fabriquer de la matière organique, des consommateurs (zooplancton, poissons) qui se nourrissent des producteurs, et des décomposeurs (bactéries) qui dégradent la matière organique morte (déjections et cadavres) en éléments minéraux réassimilables par les producteurs. Si l'aquarium est trop petit, il faut nourrir les poissons de l'extérieur; s'il est assez grand, il peut fonctionner en circuit presque fermé. Il y a donc dans un écosystème des cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote, de l'oxygène, de l'eau. Ces cycles sont plus ou moins fermés selon la nature de l'écosystème. Un pré, une forêt, un lac sont des écosystèmes assez ouverts. La biosphère est une pellicule à la surface du globe contenant tous les êtres vivants, l'atmosphère, les océans et quelques mètres de sol influencés par la présence des racines des plantes. C'est un écosystème pratiquement fermé pour la matière, et utilisant le soleil comme source d'énergie.

Un écosystème se crée lorsqu'un nouveau milieu (île volcanique nouvellement apparue, carrière de sable abandonnée) s'offre à la colonisation d'êtres vivants. Ce milieu est d'abord colonisé par des organismes primitifs (lichens, mousses) qui attaquent la roche minérale et aboutissent à la formation d'un sol superficiel qui permet l'implantation de plantes supérieures (plantes herbacées, puis arbustes et arbres). Un écosystème évolue de façon naturelle vers un état d'équilibre avec son milieu qui tend à optimiser l'utilisation des ressources disponibles et à stabiliser son organisation interne.

Lovelock (1979) a proposé d'étendre ce concept d'optimisation à l'échelle de toute la biosphère. Il considère ainsi qu'une fois la vie apparue,

la biosphère s'est comportée comme un organisme vivant (Gaïa, du nom grec de la déesse de la Terre) et a transformé son environnement de façon à favoriser le développement de toutes les formes de vie. Il en voit une preuve dans la relative constance de la température de la Terre, qui a toujours permis la présence d'eau liquide nécessaire à la vie en dépit d'une augmentation de 30% dans l'intensité du rayonnement reçu du soleil : avec l'apparition de la photosynthèse, la teneur en CO₂ de l'air a progressivement diminué, réduisant l'effet de serre pendant qu'augmentait l'intensité du flux solaire. De même pour Lovelock, la constance de la teneur en oxygène de l'atmosphère à 21% n'est pas due au hasard : une teneur plus élevée de quelques % permettrait à des forêts de brûler même lorsque le sol est bien humide, ce qui empêcherait pratiquement l'existence de forêts sur la terre, et une teneur un peu plus faible serait limitante pour des organismes à forts besoins énergétiques. Cette "hypothèse Gaïa" est à la fois irritante pour la plupart des scientifiques à cause de son côté irrationnel et finaliste, et stimulante pour la réflexion; elle a joué un rôle considérable dans la philosophie du Programme International Géosphère-Biosphère (PIGB) qui cherche à comprendre les interactions entre la géosphère et la biosphère pour prédire les conséquences des activités humaines sur l'environnement global (composition de l'atmosphère et climat).

Évolution actuelle de l'atmosphère et de la biosphère

Nous avons vu que l'atmosphère avait subi une grande évolution avec l'apparition de la vie, lente au début, puis de plus en plus rapide jusqu'à une stabilisation des teneurs en oxygène et en dioxyde de carbone il y a quelques dizaines de millions d'années. A ce stade, le flux de CO₂ absorbé par la photosynthèse équilibre le flux de CO₂ libéré par la respiration des plantes, des animaux et des décomposeurs.

De très jolies mesures ont permis de connaître les variations de cette concentration au cours des 200 derniers milliers d'années, en analysant la composition de l'air piégé dans les glaces de l'Antarctique. On a pu mettre en évidence que la concentration atmosphérique en CO₂ a varié entre 200 ppm (parties par million, en volume) pendant les périodes glaciaires et 280 ppm environ pendant les périodes interglaciaires. Cette concentration de 280 ppm est restée constante depuis -10 000 ans jusqu'en 1800 environ. Mais elle augmente maintenant, et de plus en plus vite, à cause des émissions de CO₂ liées à la consommation de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) et aussi par suite des feux liés à la coupe des forêts, particulièrement intense en zone tropicale. D'autres gaz augmentent aussi dans l'atmosphère : le méthane, qui a plus que doublé depuis 1800, l'oxyde nitreux et les CFC qui n'existent pas à l'état naturel et ont commencé à apparaître vers 1950.

Nous avons donc des indications claires que l'homme a commencé à modifier la composition de l'atmosphère, pour des composés mineurs il est vrai. Ce n'est pas forcément un mal : la plupart des plantes poussent mieux dans un air riche en CO₂ et ont déjà fait cette expérience il y a quelques centaines de millions d'années. Le problème vient des conséquences climatiques de ces augmentations, par ce qu'on appelle l'effet de serre. La Terre renvoie vers l'espace, nous l'avons déjà vu, un rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde (4 à 50 µm, maximum vers 10 µm). Ce rayonnement terrestre est absorbé par certains gaz, dits à effet de serre : vapeur d'eau, CO₂, CH₄, N₂O, CFC et O₃). L'atmosphère, en absorbant ces longueurs d'onde, s'échauffe et renvoie vers la surface de la Terre un rayonnement dit atmosphérique, qui contribue à maintenir la température moyenne de surface à environ 15°C, contre -18°C s'il n'y avait pas d'atmosphère.

L'augmentation de concentration en CO₂ et des autres gaz provoque un accroissement du rayonnement atmosphérique et par suite un réchauffement de la surface. Ce réchauffement est difficile à calculer précisément à cause des nombreuses rétroactions qui se produisent, la plus difficile à prendre en compte étant l'effet des nuages, qui peut amplifier ou au contraire modérer le réchauffement prévu. Les estimations actuelles, réalisées sur de puissants ordinateurs à l'aide de modèles climatiques complexes, prédisent une augmentation de température moyenne de surface de 1,5 à 5 °C pour une augmentation de rayonnement atmosphérique équivalant à un doublement du CO₂ préindustriel, ce qui devrait se produire vers le milieu du siècle prochain.

Ce réchauffement est comparable en amplitude à celui qui a eu lieu à la fin de la dernière période glaciaire, lorsqu'a fondu l'énorme calotte glaciaire arctique qui a élevé de 120 mètres le niveau des mers. Il paraît sage d'essayer de limiter ce réchauffement en contrôlant les émissions de gaz, ce qui est plus facile à dire qu'à faire, surtout en ce qui concerne le CO₂.

Si on analyse la croissance des émissions de CO₂, elles ont été dues, dans le passé, essentiellement aux pays développés. Actuellement, les émissions de ces pays sont stables ou diminuent légèrement (France, Japon) alors que les pays en développement (Chine, Inde) prennent une part croissante à ces émissions.

On ne peut donc envisager une régulation à l'échelle d'un pays ou même d'un groupe de pays comme la communauté européenne. Il faut un accord de l'ensemble des pays, qui ne remette pas en cause les possibilités de développement, ce qui serait jugé à juste titre inacceptable. Les solutions ne sont pas évidentes mais supposent une information mutuelle

des divers pays et la mise en oeuvre de politiques volontaristes de limitation des dépenses d'énergie non renouvelable.

C'est dans ce contexte que s'est tenu en juin 1992 le sommet de Rio sur environnement et développement, liant explicitement pour la première fois ces deux notions. On savait depuis déjà quelques décennies que notre planète a une taille finie. On ne peut plus rejeter n'importe quoi n'importe où en espérant que le milieu se régénérera grâce aux activités de biodégradation. Nous sommes ainsi contraints à une gestion globale des activités humaines, prenant en compte les différences de développement entre nations. L'enjeu est clair : ou bien une solidarité planétaire nous amène à lutter ensemble contre une menace collective, ou bien nous laissons faire en nous préparant dans chaque pays à prendre des contre-mesures adaptées aux changements climatiques prévus. Il est clair que les pays ne partent pas avec des chances égales dans ce deuxième cas, les pays développés ayant une bonne avance sur le plan des techniques à mettre en oeuvre.

Cette globalisation des problèmes de l'environnement peut se révéler une chance considérable pour l'humanité. Jusqu'ici, chaque peuple a utilisé les ressources de la Terre d'une façon plus ou moins efficace, sans que cette utilisation soit limitée par autre chose que la capacité à exploiter les ressources présentes. Les peuples les plus avancés sur le plan technique se sont donc enrichis et ont créé des écarts considérables de niveau de vie qui vont actuellement en augmentant, et sont causes de conflits et de migrations de populations. La menace d'une détérioration du climat nous oblige à considérer qu'il existe un prix à payer pour l'exploitation des ressources, le prix du dommage causé. Ce prix est évidemment à négocier entre les pays, mais il devrait être payé en fonction, par exemple, de la consommation de combustibles fossiles. On peut imaginer un fonds mondial de redistribution, qui pourrait utiliser l'argent disponible pour favoriser chez les pays moins avancés un développement plus économe en énergie et en combustibles fossiles. On s'acheminerait ainsi vers une redistribution des ressources rendue nécessaire par le risque d'un changement climatique. Un groupe français a ainsi appelé sa revue "Global Chance", en pastichant le titre "Global Change" donné au programme américain sur les changements globaux...

Si cette évolution vers un partage des ressources et des responsabilités est très souhaitable, elle n'est pas inéluctable et les pays les plus riches, pensant surtout au court terme, peuvent choisir de fermer les yeux et leurs frontières. Il leur faudra alors des armées puissantes pour empêcher l'immigration déferlante des plus pauvres. Notre humanité reste libre d'aller vers la vie ou vers la mort, et on peut dire rétrospectivement que toute l'évolution biologique a été depuis les origines un pari réussi pour la vie. Bien sûr, tous les êtres vivants sont morts, de nombreuses lignées se sont éteintes, mais chaque fois une nouvelle lignée a pris le relais,

apportant quelque progrès. Ainsi les mammifères ont profité de l'extinction des dinosaures il y a 65 millions d'années, c'est sans doute cette extinction qui a permis l'apparition des primates puis des hommes.

Où s'inscrit Dieu dans cette histoire de la vie, de la biosphère et de l'humanité? On pourrait le voir comme celui qui a démarré le système avec le Big Bang, et qui laisse ensuite la création et l'humanité se débrouiller, en se contentant de fixer les lois à partir desquelles tout va découler. C'est peut-être l'impression que laisse le texte ci-dessus, mais on peut en faire une lecture très différente. Nous pensons que Dieu est le créateur des lois de la nature, mais le destin de l'univers n'est pas déterminé par ces lois, qui fournissent seulement un cadre permettant bien des évolutions différentes. On peut légitimement s'émerveiller devant la diversité des formes vivantes engendrées par l'évolution biologique, et aussi par la précision de la régulation des grands cycles biogéochimiques et du climat. Il semble que cette évolution biologique procède par sauts, par acquisitions successives, chacune orientant l'avenir de façon irréversible. Certains de ces sauts sont plus remarquables, comme l'apparition de la vie ou de la pensée. Mais c'est tout au long de cette histoire que s'inscrit la présence divine. Il y a, présent dès l'origine, inscrit dans la création un énorme potentiel qu'illustrent bien les formidables capacités de colonisation des êtres vivants. Mais c'est seulement un potentiel, et à tout moment l'évolution peut être contrariée, la vie peut s'arrêter. C'est pour lui permettre de continuer que Dieu a besoin d'être présent dans sa création, comme un père est présent pour ses enfants, non pour leur imposer ses vues, mais pour les aider à se réaliser. C'est de cette façon que nous imaginons la présence de Dieu à travers les prophètes, puis à travers la venue de Jésus-Christ : parce que le risque existe d'une humanité sans amour, le Christ nous apprend qu'une vie centrée sur l'amour est plus forte que la mort, et guide nos pas pour l'évolution à venir de l'humanité.

Notre génération a fait l'expérience douloureuse de la faillite des systèmes totalitaires, où l'homme a cherché à remplacer Dieu. Il expérimente actuellement la difficulté d'organiser des sociétés humaines chaque jour plus complexes en conciliant la liberté des personnes et le nécessaire partage des ressources. L'enjeu aujourd'hui est de taille, mais il est à la mesure de notre espérance, individuelle et collective.

Références et bibliographie

- Allègre C., 1985. De la pierre à l'étoile. Fayard.
Brack A. et Raulin A., 1991. L'évolution chimique et les origines de la vie. Masson.
Bulletins de l'Association Science et Théologie. Conférences de A. Delaunay, Y. Leroy, J. Piveteau, J. Cauvin, P.P. Grassé (1984-1986).

- Cairns J., Overbaugh J. et Miller S., 1988. The origin of mutants. *Nature*, **355**, 142-145.
- Cairns-Smith A.G., 1982. Genetic takeover and the mineral origins of life. Cambridge University Press.
- Denis H. et Collenot A., 1993. L'origine et l'évolution de la reproduction sexuée. *Médecine / Sciences*, **9**, 1392-1403.
- Denis H. et Lacroix J.C., 1992. L'origine de la lignée germinale et de la mortalité cellulaire. *Médecine / Sciences*, **8**, 695-702.
- Diamond J., 1993. The third chimpanzee. The evolution and future of human animal. Harper Perennial.
- Duve, C. de, 1990. Construire une cellule. Essai sur la nature et l'origine de la vie. Interéditions.
- Ehrlich P.R. et Wilson E.O., 1991. Biodiversity studies: science and policy. *Science*, **253**, 758-762.
- Giret R., 1991. Initiation à la pensée de Pierre Teilhard de Chardin. Conférences. Association des Amis de Pierre Teilhard de Chardin.
- Gould S.J., 1989. *Wonderful Life*. W.W. Norton and Co, New York, London.
- Laskar J. et Robutel P., 1993. The chaotic obliquity of the planets, *Nature*, **361**, 608-612.
- Lovelock J.E., 1979. *Gaia. A new look at life on earth*. Oxford University Press.
- Miller S.L., 1953. A production of amino acids under possible primitive earth conditions. *Science*, **117**, 528-529.
- Monod J., 1970. *Le hasard et la nécessité*. Le Seuil.
- Notes du groupe Science et Foi de Montpellier (1993).
- Piccirilli J.A., Krauch T., Moroney S.E. et Benner S.A., 1990. Enzymatic incorporation of a new base pair into DNA and RNA extends the genetic alphabet. *Nature*, **343**, 33-37.
- Reille A., dir. pub., 1992. *Le planétoscope; histoire et avenir écologique de la terre*. Editions Nathan, Paris.
- Rosnay J. de, 1988. *L'aventure du vivant*. Le Seuil. Points Sciences.
- Science et Vie, 1990. L'évolution ; la naissance des espèces, n° **173**.
- Science et Avenir, 1990. Les origines de l'homme, n° **522**.
- Teilhard de Chardin P., 1955. *Le phénomène humain*. Le Seuil.
- Wächterhäuser G., 1988. Pyrite formation, the first energy source for life : a hypothesis. *System. Appl. Microbiol.*, **10**, 207-210.

Pourquoi associer foi et culture scientifique? Brève réponse

Gérard Jannink

Au nom de l'association "Foi et culture scientifique", G. Jannink a participé à un débat public à Gif dans le cadre de la Fureur de Lire. Le thème de la soirée était: Créativité, création artistique. A la tribune sont intervenus deux artistes : un peintre et un écrivain, ainsi que G. Jannink. Dans l'assistance, les réactions ont été vives lorsque G. Jannink s'est présenté comme membre de notre association. "Pourquoi associer foi et culture scientifique?" Telle était l'une des questions posées et qui a suscité un débat animé. Voici la brève réponse que G. Jannink aurait aimé apporter sur le champ.

Pourquoi associer foi et culture scientifique? Cette question posée par des participants giffois aux journées "Fureur de lire" doit avoir une réponse. En effet, la science est considérée aujourd'hui comme autonome. Elle l'avait été dans l'Antiquité mais par la suite, elle était devenue solidaire d'une vaste construction qui englobait la totalité de la connaissance. Dans ce système holiste, la distinction entre les deux ordres du savoir n'était pas clairement admise, ce qui a conduit à des abus. Ce n'est qu'après une longue lutte que fut reconnue la différence entre certitude scientifique et religieuse. La théologie a été exclue de l'Université. Dès lors, la foi relève d'une option personnelle qui doit rester en dehors de la démarche scientifique rendue autonome à l'aide du langage mathématique.

Faut-il pour autant conclure qu'entre la foi et la culture scientifique il y a incompatibilité de fond et que rien ne saurait les rapprocher? La curiosité, qui fournit l'action motrice dans la recherche scientifique, n'est pas étrangère à la foi religieuse. Par ailleurs, le savoir ne peut rester morcelé; il est universel, tout en intégrant une hiérarchie des certitudes, comme l'a montré Newman. Enfin, la responsabilité du scientifique est engagée dans la société, ce qui doit le conduire à s'ouvrir à d'autres dimensions de la culture humaine.

On réfléchit aujourd'hui davantage à la démarche du scientifique qu'aux résultats de ses recherches, car cette démarche a une valeur en soi.

Elle se fonde, entre autres, sur la remise en question d'où peut germer l'idée qui renouvelle.

Mais ce renouvellement est orienté car les esprits doivent converger. C'est ce qui fait dire à G. Bachelard que "la vérité est une prédiction, mieux, une prédication". Il dit encore : "au dessus du sujet, au delà de l'objet, la science moderne se fonde sur le projet". Reconnaissons dans ces exhortations les mots et les accents du message évangélique.

En plus des qualités d'indépendance, d'autonomie et de rigueur que l'on s'attend à trouver chez le scientifique, il faut y ajouter l'esprit d'initiative, de confiance et de joie, sans lequel la science moderne n'existerait pas. N'y a-t-il pas là aussi un acte de foi?

En passant par l'expérience de l'homme, un chemin vers Jésus-Christ.

*Olivier de BAYSER,
Georges GUIOL,
Marcelle L'HUILLIER*

Le Synode du **diocèse d'Evry** (1987-1990) a été un événement important. Parmi les objectifs pastoraux, le dialogue avec "le monde scientifique et technique" de l'Essonne a été reconnu comme l'une des priorités. L'équipe diocésaine, chargée de mettre en oeuvre cet objectif pastoral, et dont nous faisons partie, regroupe actuellement une dizaine de chercheurs des sciences de la matière et d'ingénieurs; elle est accompagnée par un théologien. A la demande de l'Évêque du diocèse, nous avons préparé un texte en vue des travaux de l'assemblée plénière du Conseil pontifical pour le Dialogue avec les Non-Croyants (mars 1994).

Ce Conseil a proposé comme thème de réflexion : "*Comment dire Dieu à l'homme d'aujourd'hui?*" Nous avons réfléchi en équipe, à partir de notre foi en Jésus-Christ et également à partir de ce que nous vivons dans et hors de nos milieux de travail.

Le questionnaire préparatoire à cette assemblée suggérait une grille d'analyse partant de l'expérience :

- l'expérience que l'homme fait du mystère qu'il est pour lui-même,
- l'expérience de ses limites et de l'altérité,
- l'expérience de Dieu partagée entre des croyants.

L'expérience nous est apparue comme une notion clé. L'expérience est un élément essentiel de la démarche scientifique. Dans la vie *humaine*, l'expérience comporte des aspects extrêmement divers.

Nous avons beaucoup discuté sur la notion *d'expérience de Dieu*, sans parvenir à nous mettre d'accord.

Certains d'entre nous pensent que l'homme peut faire et fait l'expérience de la *présence de Dieu*, même s'il n'en a pas conscience. Dieu adresse des signes dans la Création et dans l'histoire des hommes. Ces signes ne sont pas nécessairement perçus par l'homme en tant que signes de Dieu. Pour

qu'ils deviennent explicites, ils doivent être révélés comme tels dans la conscience des hommes. La foi judéo-chrétienne affirme que Dieu s'est fait connaître à l'homme, que Dieu s'est révélé pleinement dans l'Alliance, scellée avec Abraham, Père de tous les croyants. Cette Alliance a été accomplie en plénitude en Jésus-Christ, le Fils de Dieu. Le Christ est le Signe ultime que Dieu envoie à toute l'humanité et à chaque être humain.

D'autres parmi nous, répliquent qu'un tel langage présuppose l'affirmation que Dieu est, et que l'on a foi en Dieu. Ils ne veulent pas partir de cette base pour rendre compte de l'expérience humaine, en particulier de ceux qui, précisément, nient l'existence de Dieu. Les réalités du monde sont autonomes. Comme Laplace l'affirmait à Napoléon, *l'hypothèse Dieu* n'est pas nécessaire quand l'homme cherche une intelligibilité à son expérience. Cette démarche, par opposition à la précédente, veut souligner l'humilité de Dieu.

Enfin, toute une tradition mystique atteste que l'homme ne peut avoir que l'expérience de la non-expérience de Dieu, car Dieu est le Tout-Autre. Personne ne peut voir Dieu sans mourir, dit la Bible. En d'autres termes, cela veut dire que *Dieu est inexpérimentable*, parce qu'il est essentiellement transcendant au monde et à l'homme. Son Être nous est radicalement inaccessible. Sa Réalité ne relève ni de l'expérience scientifique, ni même de l'expérience humaine. L'homme fait l'expérience de l'absence de Dieu.

Scientifiques chrétiens, nous sommes très sensibles, à cause de notre propre pratique intellectuelle, à un "dire" sur Dieu qui respecte la particularité et la pluralité de l'expérience humaine. Pour **dialoguer avec le monde d'aujourd'hui**, il nous paraît important d'écouter ce que le monde dit de lui-même et de partir de l'expérience que nous avons en commun, que nous croyions ou non en Dieu.

Notre réflexion doit beaucoup à plusieurs groupes ou équipes "science et foi" qui existent en Essonne, à Gif-sur-Yvette, Orsay, Palaiseau et avec qui nous sommes en lien.

Le texte qui suit recouvre la première partie de notre réflexion. Nous avons tenté de repérer quelques caractéristiques de *l'expérience de l'homme*. Nous avons cherché à explorer des chemins, des expériences qui semblent permettre à l'homme d'aujourd'hui de découvrir Dieu et peut-être de Le rencontrer.

Ce texte peut paraître optimiste. Il exprime une réelle expérience de croyants. La rencontre que nous avons faite dans nos vies du Dieu de Jésus-Christ, nous apparaît comme une source d'espérance, pour nous et pour toute l'humanité.

La deuxième partie de notre réflexion a porté sur le contenu de la foi chrétienne et les conditions de son annonce en Église. Nous n'avons pas

encore trouvé une expression de cette deuxième partie qui nous paraisse recevable par des personnes ne partageant pas notre foi.

Nous souhaitons poursuivre avec d'autres, cette recherche pour dire ce qui nous semble essentiel dans *l'expérience du disciple de Jésus-Christ* et les exigences qui en découlent pour *l'Église*, notre Église, dans sa façon de vivre l'Évangile dans le monde de ce temps.¹

L'expérience

Après une brève analyse de la notion d'expérience, nous progressons en trois étapes : l'expérience de l'homme sur le **monde**, l'expérience **humaine**, celle que l'homme fait de lui-même, de son être-au-monde, et l'expérience de **croire**.

L'expérience, c'est d'abord le fait d'éprouver, de ressentir quelque chose permettant d'élargir notre connaissance du monde et des hommes.

Il n'y a d'expérience que s'il y a un quelque chose d'objectif, **un réel** avec lequel un sujet établit une *relation*. On ne fait pas l'expérience de ce qui n'existe pas! Cela présuppose un acte de foi, une confiance dans le réel.

L'expérience peut être subie ou délibérée, mais dans tous les cas on peut la caractériser par le fait qu'*une question est posée à un réel qui répond*.

La vie de tout être humain est faite d'expériences. Celles-ci le marquent, laissent en lui des empreintes, des traces. Elles ne sont pas toutes explicitées par sa conscience. Certaines, enfouies dans le subconscient, peuvent influencer le comportement conscient. Ainsi, celles qui sont vécues dans l'enfance laissent des traces profondes.

La recherche scientifique pratique **la méthode expérimentale**, qui consiste dans l'observation de phénomènes, d'événements, dans la classification, la modélisation et la vérification (ou réfutation) par des expérimentations appropriées reproductibles. Elle vise à une compréhension du réel.

Lorsqu'elle se réfère à **l'expérience humaine**, la notion d'expérience s'enrichit d'intelligibilité; il y a eu *une prise de conscience* relativement aux événements. On dit souvent des jeunes qu'ils manquent d'expérience. Un *homme expérimenté* est quelqu'un qui a beaucoup appris de la vie, par

¹ Nous avons rédigé un texte, qui peut être demandé à "Équipe diocésaine de Pastorale en Monde scientifique et Technique" (Maison Diocésaine, Cours Mgr Roméro BP 170, 91406 EVRY Cedex).

Un texte "alternatif" qui insiste plus particulièrement sur l'expérience de Dieu et les signes qu'Il adresse aux hommes est aussi disponible.

exemple par la pratique de son métier, par des relations humaines. Il s'est laissé instruire par l'expérience, il a intégré des connaissances diverses dans la construction de sa personnalité.

1 - Expérience du monde

- La science conduit à des connaissances et propose des modèles d'intelligibilité du monde. Ces modèles ne sont pas absolus.

- Les applications techniques entraînent une transformation du monde. L'homme doit faire un choix éthique.

- La diffusion des connaissances et des techniques à l'échelle mondiale nous amène à affronter le "comment vivre ensemble?".

L'homme est appelé à décider librement d'un sens et de valeurs. Cette situation cruciale est une chance de plus grande humanisation.

1.1 Compréhension du monde

Postulant l'*intelligibilité* du réel¹, la **méthode scientifique** est de type dialectique, avec pour principales étapes :

- l'observation et l'expérimentation de phénomènes,
- la modélisation, la représentation du phénomène étudié à l'aide des concepts déjà existants ou de nouveaux si nécessaire,
- la confrontation des prévisions du modèle aux grandeurs observables et si possible mesurables, grâce à de nouvelles expériences.

Le modèle acquiert le statut de **théorie** dans la mesure où il unifie et donne une meilleure intelligibilité. Pour cela, un consensus entre experts est nécessaire.

Toute théorie repose sur des axiomes, c'est-à-dire des propositions que l'on admet comme vraies sans que l'on puisse les démontrer. Les axiomes de la théorie sont reconnus valables lorsque toutes les conséquences que l'on en tire ne contredisent ni les observations ni les mesures. La seule autorité est finalement celle des faits.

Il peut arriver qu'une théorie reconnue comme valable, donne lieu à des interprétations différentes entre scientifiques (comme l'illustre le débat toujours actuel sur la Mécanique quantique).

Le consensus est toujours provisoire, car de nouvelles mesures plus précises ou de nouvelles idées peuvent, sans pour autant annuler les savoirs acquis, renouveler leur intelligibilité, en remettant en question la théorie ou en la

¹ En disant "le monde", le "réel", nous incluons généralement dans ces vocables non seulement l'univers matériel, mais aussi le vivant et l'homme en particulier.

forçant à enrichir ses axiomes. Il faut aussi souligner que tout modèle réduit et enferme le réel qu'il s'efforce de représenter.

En cette fin de XX^{ème} siècle, il semble émerger des sciences de la matière et de la vie, quelques connaissances qui modifient considérablement notre **représentation du monde**: l'homme sait désormais que l'univers est dynamique et a une *Histoire* dont il est en même temps témoin et acteur.

La physique réussit à décrire l'évolution de l'univers en partant d'un "point-origine" situé à environ 15 milliards d'années. Cette *évolution*, descriptible en termes de phénomènes naturels, s'accompagne d'une *complexification* et d'une *différenciation* croissante.

La biologie nous enseigne qu'un vivant, et en particulier l'homme, est très organisé et qu'il a un patrimoine génétique unique. L'évolution de l'espèce humaine s'étale au moins sur 3 millions d'années; cette *lente hominisation* est caractérisée par une acquisition progressive de l'intelligence et de la conscience.

Nos connaissances sont véritables, mais elles ne sont pas absolues; elles ne nous donnent pas accès à la Vérité.

La **question du sens** reste une question ouverte devant laquelle chacun est appelé à se prononcer *en toute liberté*.

Soulignons aussi *l'implication personnelle du scientifique* dans sa recherche et sa responsabilité. Le scientifique rencontre un réel qui résiste. Il doit faire preuve de compétence, de foi et de courage pour poursuivre. La joie du travail en commun, l'émerveillement de la découverte peuvent illuminer sa route. Il lui faut aussi pratiquer la patience et une grande humilité. Toute recherche ne débouche pas nécessairement. La confrontation au réel est parfois éprouvante et certaines conversions difficiles! L'histoire de la science est aussi une histoire humaine.

1.2 Transformation du monde

L'activité *technique* transforme les conditions de vie matérielle et sociale des hommes. Pensons, par exemple, à tous les biens de consommation, à tout ce qui touche à la médecine ou aux moyens de communications. Les progrès techniques dus en particulier à l'électronique, à l'informatique, à la robotique et aux biotechnologies, entraînent aujourd'hui une révolution considérable.

Tout au long de l'histoire, en commençant par les *Homo habilis* qui créèrent, il y a deux millions d'années environ, les premiers outils, deux

dynamismes semblent guider cette transformation du monde : **l'innovation et l'efficacité**.

L'homme ne cesse d'innover et d'accroître son efficacité pour réduire ses dépendances et reculer ses limites, mais aussi pour augmenter son avoir et son pouvoir. Il est toujours plus performant pour *produire plus et produire mieux*. Ce processus semble s'emballer sans autre loi, ni justification que celle-ci : il faut produire pour consommer et consommer pour produire! Il peut conduire au délire prométhéen de faire reculer les limites de la finitude et de la mort.

La recherche scientifique et le développement technologique font partie de la grande aventure humaine. Par l'intelligence et la maîtrise que l'homme acquiert sur le réel, *sa liberté et sa responsabilité* grandissent.

Les biens et les services créés par le génie de l'homme peuvent accroître la qualité de la vie ou au contraire l'abîmer : les techniques médicales sont de plus en plus efficaces, mais les armes de mort également!

La société de *consommation* engendre de plus en plus d'exclusion et de violence.

Alors se posent les questions : "*quoi produire?*", "*pourquoi?*" et "*pour qui?*" Nous constatons que non seulement tout n'est pas possible, mais aussi que parmi les possibles, certains choix peuvent conduire l'homme à se détruire : tout ce qui est techniquement possible n'est pas bon.

Ces questions font intervenir l'idée que l'on se fait de l'homme et des notions qu'il reste à préciser : notions de bien et de bien commun à un groupe, à une société, à l'humanité entière.

La question du sens se pose également pour toute l'humanité.

1.3 Mondialisation

Le développement scientifique et technique a considérablement transformé la Terre et complexifié les relations entre les sociétés humaines.

L'Occident a longtemps exercé une hégémonie économique et culturelle grâce à sa maîtrise technologique. Le décollage économique de jeunes nations, qui accèdent à cette même maîtrise, modifie rapidement le visage de la planète. La large diffusion des informations, des connaissances et des techniques contribue à uniformiser les comportements. L'homme qui vit aux antipodes nous est devenu proche.

Des personnes ayant des modes de pensée différents, des cultures et des religions différentes se rencontrent ou s'affrontent. Des systèmes de pensée syncrétiques s'établissent, mais en même temps, on assiste à des réactions nationalistes et à une montée des fanatismes.

Dans la mesure où les échanges se complexifient, la Terre apparaît plus fragile : nous savons que ses ressources matérielles sont limitées, les écosystèmes sont menacés; les épidémies prennent une ampleur mondiale, les guerres politiques ou économiques atteignent tous les pays.

L'organisation politique et économique de la planète est terriblement en retard par rapport au développement technique. De nombreux exemples laissent penser qu'aucun pays ne maîtrise l'avenir.

Si la science conduit à une certaine maîtrise du monde, elle est incapable de dire aux hommes **comment vivre ensemble**.

Le Siècle des Lumières a pu rêver que la science unifierait l'humanité grâce à l'universalité de sa méthode et de son langage. Beaucoup d'êtres humains restent étrangers à cette culture scientifique, si du moins ils ne sont pas les victimes de certaines conséquences négatives du développement scientifique et technique.

Ce mouvement de mondialisation impose de chercher ou de retrouver des valeurs communes à toute l'humanité qui respectent la diversité des cultures. Il impose non seulement de sauvegarder, mais d'*aménager la planète*, de mettre en place des systèmes qui permettent de partager les biens enfin reconnus comme communs à toute l'humanité.

2 - *Expérience humaine*

L'être humain, en même temps qu'il perçoit sa singularité personnelle, celle de son *Je*, rencontre l'altérité. Son expérience s'enrichit par le dialogue avec les autres sur la question du sens et des valeurs.

2.1 *L'expérience du Je*

L'existence de tout être humain est faite d'expériences : expérience d'être au monde, expériences de vie et de mort, de bonheur et de malheur, expériences d'amour et de haine, expériences de communion et de solitude; expérience du *Je*, expérience d'exister comme personne humaine et expérience de la rencontre avec d'autres personnes.

L'homme moderne a une vive conscience de son *Je personnel*, un *Je* totalisant une unité inséparable du corps et de l'esprit¹.

¹ Penser l'homme en termes d'âme et de corps pose un problème à la culture moderne. L'âme introduit la présence de l'immortel dans l'homme et marginalise le rôle du corps. La tendance de la culture moderne est inverse. Elle redécouvre le rôle du corps et crée une notion nouvelle de l'homme à partir de la culture du corps.

Un débat religieux sur l'homme devra tenir compte de ces données.

Plongé dans le monde, l'être humain fait l'expérience de sa finitude de deux manières complémentaires.

D'une part, il revendique son droit à la vie et au bonheur, son droit à la liberté, son droit à posséder des biens et réaliser ses désirs, bref son droit à être lui-même. Il réclame avec force le statut de **personne**. Et sa finitude, le fait qu'il soit inachevé, le pousse à se dépasser sans cesse, à aller plus loin que lui-même, bref à se *transcender*. De fait, il progresse.

La réalisation d'un travail bien fait, une prouesse technique, le spectacle d'un exploit sportif, le sentiment de beauté devant un chef d'oeuvre, la contemplation de l'infini, peuvent être l'occasion d'une telle expérience.

D'autre part, aujourd'hui comme hier, *l'être humain bute contre sa fragilité*. Il se heurte à sa finitude et en souffre. Il n'est pas le maître de sa destinée; s'il recule l'horizon de la mort, il sait qu'il n'y échappera pas; pour réaliser tous ses désirs, l'argent et le pouvoir lui manquent. L'homme fait l'expérience du tragique de sa condition, du non-sens et de l'absurdité de la souffrance et de la mort. D'être fini et limité, cela fait mal à la conscience que l'homme a de lui-même. De plus, l'homme fait *l'expérience du mal* et de sa propre complicité avec le mal.

Mais, si l'homme est un être blessé, il est un être ouvert: il aspire à la vie, il aspire au bonheur d'être pleinement lui-même, d'être en relation harmonieuse avec les autres et avec le monde.

2.2 *L'expérience de l'altérité*

L'homme peut vivre des régressions; il constate aussi que la possibilité de progresser lui vient d'ailleurs, par ce qui le remet en cause; une altérité intervient. Ainsi l'homme expérimente qu'il est un être en relation : il ne devient lui-même que s'il reconnaît des **Tu** et s'il est reconnu par eux. Pour construire sa personne et s'épanouir, il a besoin des autres; il a besoin de sortir de lui-même, de communiquer et d'entrer en communion avec un au-delà de lui-même qu'il expérimente.

La relation avec les autres est ambivalente; l'autre peut être ressenti comme complémentaire ou comme rival. L'autre me remet en cause: il peut m'aider à exister en me faisant sortir de moi-même; il peut m'enfermer et me détruire. Je peux vivre avec l'autre une relation de confiance et d'amour, ou dans la peur et la haine.

Altruisme et égoïsme cohabitent en chacun de nous, le don et le pardon ou la violence et le mépris. L'autre peut être l'ami ou l'ennemi.

La conscience d'*exister pour d'autres et avec les autres* peut donner sens à ma vie. Les combats menés en commun pour plus de solidarité, plus de justice et de liberté peuvent être source de joie. En se donnant aux autres, l'homme a le sentiment de se dépasser et d'être plus.

L'autre peut aussi m'entraîner à faire mal, à détruire et à me détruire. Les hommes font aussi la douloureuse expérience de la *solitude*. Les conflits et les exclusions sont là, irrémédiablement.

2.3 *La question du sens et des valeurs*

L'être humain est ainsi affronté à sa transcendance et à sa finitude. Seul, il est impuissant face à la question du sens de son existence et à la question du mal.

L'univers ne lui apparaît plus signifiant; l'homme a perdu ses repères. Il n'a qu'une vision parcellaire du monde. Il subit de **multiples chocs** qui le déstabilisent : le choc de l'infiniment grand et de l'infiniment petit, celui de la complexité et du désordre quand il regarde l'univers; dans le monde humain, le *choc de la pluralité des valeurs*, des cultures et des religions, et le choc des contre-valeurs.

Beaucoup semblent vouloir éluder la *question du sens*; certains affirment le caractère finalement absurde de l'univers, d'autres reconnaissent une transcendance créatrice¹.

Notre époque n'est pas à l'abri du danger de mythes explicatifs pseudo-scientifiques. Par exemple le chaos déterministe (qui rend compte de certains phénomènes physiques) devient la clé d'intelligibilité d'un univers dont il gouvernerait l'évolution. La théorie du Big-Bang donne lieu à un autre type de dérive métaphysique, là où elle est confondue avec l'acte créateur.

Le scientifique sait aussi que son effort pour libérer l'homme peut se retourner contre l'homme. Tout progrès peut être dévoyé pour le malheur des hommes. Le scientifique affronte ainsi dans son travail le *questionnement éthique* sur les moyens d'acquisition du savoir et ses applications possibles.

Ce siècle est témoin des folies totalitaires et irrationnelles auxquelles ont pu conduire l'absolutisation de la science. Cependant, nous croyons que notre connaissance scientifique peut être au service d'une plus grande liberté.

La compétence en "savoir-faire" soulève la question de la compétence en "savoir-être" et "savoir-agir", laquelle est d'ordre éthique. En effet, il

¹ Si l'homme de culture scientifique et technique met sa foi dans une intelligibilité du réel, cette intelligibilité n'est pas en soi porteuse de signification. La science révèle une histoire de l'univers que certains interprètent comme le signe d'une transcendance intelligente qui oriente toute l'évolution de la matière et de la vie.

s'agit de rechercher un consensus pour que la reconnaissance de limites appelle les hommes à des choix éthiques et réciproquement, pour que des critères éthiques conduisent l'homme à s'interdire (inter-dire) de franchir certaines limites.

Nombre de scientifiques ont conscience de l'urgence d'un large **débat**. Un peu partout, la mise en place de comités d'éthique est le signe heureux que ce débat commence à exister.

La menace qui pèse sur l'avenir de l'homme peut être une stimulation pour plus d'humanité. Elle est un défi lancé aux capacités de l'homme, d'intelligence, d'ouverture, de dialogue et de négociation, pour vivre la pluralité, surmonter les conflits, et faire advenir la *diversité et la complémentarité*. Des signes montrent que cela commence à se faire.

L'être humain apprend à se réconcilier avec son milieu naturel. Il cherche comment le respecter et l'aménager pour qu'il soit habitable. Des forces de vie, de pardon et d'amour semblent féconder de nouvelles relations entre les peuples. Les Droits de l'homme ont été déclarés par les Nations Unies, en 1948, "universels, inaliénables, inaltérables" et récemment "indivisibles"¹. Mais en même temps, ils sont encore loin d'être reconnus partout et sont bien souvent violés.

Notre époque reconnaît la singularité et la dignité de tout être humain et en même temps ne respecte pas la vie.

L'*humanité* toute entière expérimente aussi sa transcendance et sa finitude.

Il revient à tous et chacun de trouver un chemin de vie. Chacun est donc amené à donner, pour soi-même et avec d'autres, une réponse originale et libre aux questions suivantes :

- *ce que je veux être, ce que nous voulons être,*
- *ce que je peux faire, ce que nous pouvons faire,*
- *comment vivre et faire ensemble?*

Beaucoup d'hommes vivent des conditions terriblement inhumaines et précaires : leur force de vivre et leur courage pour espérer est la magnifique réponse qu'ils donnent aux questions précédentes. Elle révèle que, selon le mot de Pascal, "l'homme passe infiniment l'homme"².

3 - Expérience de croire

Parmi les expériences humaines, il y a l'expérience de croire et celle de ne pas croire. Chacun engage une *quête du sens* à différents niveaux et à

¹ Cf. la conférence mondiale sur les droits de l'homme, Vienne, Juin 1993

² Pensées n° 434.

différentes époques de sa vie. Cette quête ne débouche pas forcément. Elle peut conduire aussi à diverses représentations de Dieu. Parmi elles, il y a celle dont est témoin la tradition judéo-chrétienne. La rencontre des religions met en question la prétention à l'universalité de cette tradition.

3.1 *L'expérience de croire ou de ne pas croire en Dieu*

L'homme moderne fait plus confiance à la science qu'aux religions pour résoudre ses problèmes. La science peut conduire à Dieu; elle peut aussi éloigner de Dieu. La beauté de l'univers émerveille; son désordre et sa violence terrifient.

Beaucoup mettent en question la bonté ou la toute-puissance d'un dieu qui laisse faire les violences de toutes sortes et le mal.

Certains prennent le parti de *l'absurdité* ou de *l'insignifiance* et semblent s'en contenter, d'autres ne prennent pas parti. L'agnostique ou l'indifférent vivent peut-être au quotidien des valeurs insoupçonnées de confiance et de partage. Certains affirment un au-delà possible, une altérité ultime, au delà du monde et de l'homme.

L'interrogation de l'homme sur lui-même, son effort pour comprendre et maîtriser le monde, son combat pour plus d'humanité, mais aussi ses échecs, peuvent donc être ouverts sur une *transcendance*.

Cependant, reconnaître que Dieu est ou n'est pas, relève de la liberté de chaque homme.

A moins d'être réduite à une pure idée, *la foi en Dieu*, comme pour toute expérience humaine, laisse des traces dans celui ou celle qui la vit. Chaque croyant peut parler de l'expérience qu'il a du Dieu auquel il croit. Elle rejoindra ou non l'expérience que d'autres ont. Personne n'a le droit de nier ces expériences. Elles interrogent.

La **diversité** des religions montre que les hommes se représentent Dieu de manières fort différentes. Dieu peut être un Être-suprême transcendant qui génère l'univers et intervient constamment dans sa création ou la laisse évoluer naturellement comme le dieu-horloger des philosophes; il peut être une divinité immanente au cosmos.

Le *Dieu de Jésus-Christ* se révèle tout à la fois comme le Tout-Autre et le Tout-proche : un Dieu personnel, Créateur et Sauveur de tout le Cosmos.

Le disciple de Jésus-Christ vit les mêmes expériences existentielles que les autres hommes. Il se pose les mêmes questions sur le sens. Recueillant les mots porteurs des longues quêtes des hommes qui l'ont précédés, habité par le désir d'une rencontre, il est chercheur de Dieu. Il est saisi dans le mystère de sa présence et de son absence.

3.2 Une foi en un Dieu qui révèle l'homme à lui-même

En Jésus-Christ, la Parole de Dieu s'est faite parole d'homme!

Indépendamment de la question de Dieu, on peut lire à travers les Évangiles *une quête d'humanité*.

Les Évangiles insistent sur la souveraine *liberté* de l'homme Jésus. Le récit des trois tentations (Lc. 4,1-13)¹ montre comment Jésus libère l'homme des fausses valeurs, en proposant un modèle de vie qui passe par *le don, le service et l'être-vrai*.

L'avoir, le désir de posséder, de consommer, de satisfaire tous ses besoins, enferme l'homme dans sa finitude. Cela est vrai des biens matériels, comme des biens les plus spirituels que sont la connaissance et l'amour, quand ils ne servent qu'à la satisfaction égoïste de soi-même.

Jésus au bout d'un long jeûne peut affirmer d'expérience : "*ce n'est pas seulement de pain que l'homme doit vivre*."

L'avoir isole l'homme dans sa solitude. Ce qui nourrit l'homme, ce qui structure son humanité, c'est de s'ouvrir à l'altérité, de recevoir sa vie d'un autre Tu.

S'il fait l'expérience que tout est don, l'homme entre dans une économie de partage. La Terre, toute entière, lui devient fraternelle: il ne possède rien en propre, il sait que sa richesse est le bien commun de l'humanité.

Le **don** est source de vie. L'homme réalise son humanité en donnant, mieux encore, quand il se donne lui-même. Il devient un artisan de paix, un bâtisseur d'amour. Il donne vie à l'humanité, il participe à l'enfantement d'une Terre où tous les hommes pourront se reconnaître comme des amis, comme des frères. Grâce à lui, l'histoire des hommes pourra advenir comme une Histoire d'Amour : "*il n'y a pas de plus grand amour que de donner sa vie pour ses amis*". (Jn 15,13)

La seconde tentation concerne la fausse valeur du **pouvoir** : "*Tu te prosterner devant le Seigneur ton Dieu, et c'est lui seul que tu adoreras*", répond le Christ à celui qui lui propose les royaumes de la Terre.

La grandeur, la dignité de l'homme ne se mesure pas à l'aune du pouvoir, ni même à celle de pouvoir exercer ses droits les plus légitimes. La vraie gloire est de **servir** : "*les chefs des nations païennes commandent en maîtres, et les grands font sentir leur pouvoir. Parmi vous, il ne doit pas en être ainsi: celui qui veut devenir grand sera votre serviteur; et celui qui veut être le premier sera votre esclave*". (Mt 20, 25-27)

¹ Les références bibliques sont tirées de la "Bible de la liturgie" (A.E.L.F. Paris 1993)

Jésus, le Serviteur par excellence, propose le service, comme le chemin vers plus d'humanité. Il révèle que la grandeur, des hommes et des nations, consiste à mettre sa vie au service de la vie de l'autre. En travaillant pour l'autre, on se désapproprie, même de son action, et l'on remet, au coeur de cette action, l'affirmation que tout est d'abord don.

La dernière tentation, est celle du **paraître** : "*Si tu es le Fils de Dieu, jette-toi en bas*", fais-toi voir, fais-nous voir Dieu, suggère l'esprit du mensonge.

Le Christ refuse tout paraître, même si Dieu risque d'être ressenti comme le grand absent : "*Tu ne mettras pas à l'épreuve le Seigneur ton Dieu.*"

La parole de vérité refuse le paraître, elle dit vrai. L'homme libéré de cette tentation est pur, sans mélange. Cet homme tend à **être-vrai**, c'est-à-dire, à conformer son agir à son dire. Cette vérité d'être le prédispose à entrer en relation avec la **Vérité**.

"*Heureux les coeurs purs : ils verront Dieu*" (Mt 5,8). Cet homme porte un regard transfiguré sur les êtres et les choses. Il peut entrer dans une relation de communication et de communion avec l'univers entier.

3.3 Un Dieu Tout-Proche et Tout-Autre

Le livre de l'Exode a transmis le Nom de Dieu, révélé à Moïse : "*JE-SUIS*", "*Yahvé*", "*le Seigneur*", "*le Dieu de vos pères, Dieu d'Abraham, Dieu d'Isaac, Dieu de Jacob*". (Ex 3,14-15)

Ce Nom reste mystérieux. Héritiers de la foi d'Abraham et disciples de Jésus Christ, nous croyons que Dieu se révèle lui-même comme Il veut et quand Il veut, dans la Création et dans l'histoire des hommes, en respectant la liberté de tout homme. Il est le Tout-Proche et le Tout-Autre : "*Dieu, personne ne l'a jamais vu; le Fils unique, qui est dans le sein du Père, c'est lui qui conduit à le connaître.*" (Jn 1,18)

Nous croyons que Dieu s'est révélé pleinement en son Fils, Jésus-Christ, "vrai homme et vrai Dieu". Le Christ est passé par l'expérience de l'homme, pour révéler Dieu à l'homme et lui donner de Le rencontrer.

Par sa vie, sa mort et sa Résurrection, **Jésus révèle Dieu**, son Père.

Jésus rejoint tous ceux qui sont rejetés aux marges de la société de son temps, les petits et les pauvres de toute sorte.

Jésus est libre; il met en lumière les contre-valeurs, les renverse. Il appelle à s'attacher à celles qui sont promesse de bonheur et de vie. Le récit des *Béatitudes* (Mt 5,1-12) illustre cette révolution qui fait rois, de son Royaume qui vient, les pauvres selon l'esprit du monde et les exclus.

Jésus connaît les joies et les peines, les aspirations et les limites des hommes; il partage leurs réussites et leurs échecs. Il s'adresse avec respect

et confiance aux personnes et les invite à une progression et à une conversion. Il ne condamne pas. Il aime, il remet debout.

Le Christ fait lui-même l'expérience du Tout-Proche et Tout-Autre.

Acceptant d'être condamné et de mourir abandonné sur une croix, il assume la finitude de l'homme : "*sachant que l'heure était venue pour lui de passer de ce monde à son Père, Jésus, ayant aimé les siens qui étaient dans le monde, les aima jusqu'au bout.*" (Jn 13,1).

Il livre sa vie pour ses amis et la multitude des hommes, il accepte sa mort en toute liberté et se remet totalement à l'amour du Père : "*sachant que le Père a tout remis entre ses mains, qu'il est venu de Dieu et qu'il retourne à Dieu*" (Jn 13,3).

Après le scandale de sa mort, le désarroi de la perte de celui qu'ils aimaient et en qui ils avaient mis toute leur confiance, il est donné à ses amis de faire l'expérience de sa Résurrection.

Ils ont conscience d'expérimenter, au quotidien de leur vie, une relation nouvelle avec leur Seigneur, une relation au delà de la finitude humaine avec Jésus-Christ vivant.

Ils comprennent que le Christ fait éclater tous les systèmes clos et transfigure la finitude humaine. Sa mort et sa résurrection ouvrent un *passage* pour toute l'humanité. Désormais une relation avec le Dieu-Amour est offerte à tout homme qui accepte d'en vivre; cette relation passe par Jésus-Christ qui en est le Chemin : "*Nous avons reconnu et nous avons cru que l'amour de Dieu est parmi nous. Dieu est amour: celui qui demeure dans l'amour demeure en Dieu, et Dieu en lui.*" (1 Jn 4,16)

L'homme n'a pas la maîtrise de l'histoire, mais la lumière de la vie, de la mort et de la Résurrection du Christ éclaire, aux yeux de ses disciples, toute l'histoire comme étant celle d'un *enfantement*.

La Résurrection ouvre un avenir à l'homme et à l'histoire des hommes. Elle fait entrer dans un nouveau mode de relation. Elle réconcilie l'homme avec lui-même, avec les autres et avec Dieu.

L'existence humaine et l'histoire des hommes, peuvent prendre un *sens nouveau*. Non seulement les dynamismes et les progrès, l'expérience heureuse de l'amour et de la rencontre des autres, mais également les événements négatifs de la vie, tout peut être chemin de plus d'humanité.

La *Croix* est le seuil qui sépare ce que nous vivons et le Royaume. L'Apôtre Paul, qui a rencontré le Seigneur ressuscité, dit : "*nous le savons bien, la création tout entière crie sa souffrance, elle passe par les douleurs d'un enfantement qui dure encore.*" (Rm 8,22)

L'Évangile annoncé et vécu dans la diversité des peuples et des cultures, transmet à toute l'humanité une *espérance inouïe*: il porte à chacun l'espérance d'être délivré du mal, qui assaille au dehors et au dedans; l'espérance d'entrer dans une vie nouvelle et transfigurée, qui n'en finira pas de grandir en intensité et qualité. Cette espérance peut redonner à *chacun le goût de vivre* et de participer, par sa vie, à la construction d'une humanité pleinement réconciliée.

3.4 La rencontre des cultures et religions

D'autres cultures que celles du monde occidental prétendent à l'universel. D'autres religions que la religion judéo-chrétienne affirment révéler Dieu.

Cette **diversité** de penser et de vivre force l'humanité à approfondir ses valeurs et à dialoguer pour trouver une identité, une et diverse.

Jésus, sur la croix, meurt à un particularisme personnel, culturel et religieux et ouvre à l'**universel** du Salut en Dieu.

Comme son Seigneur, le christianisme doit mourir à son particularisme culturel et historique. Il lui faut apprendre à vivre la pluralité. Le choc des autres religions nous interroge.

Au départ de cette réflexion, nous avons cherché à répondre à une question: "comment l'expérience humaine peut-elle conduire à rencontrer Dieu?". Nous avons tenté un cheminement conduisant à nommer Dieu le plus tard possible. Comme disciples du Christ, il nous a paru impensable de parler de la rencontre de Dieu sans passer par son expérience. Le silence de Dieu quand le Christ meurt en croix reste pour nous une interrogation. Comment laisser au Dieu de Jésus-Christ toute la liberté de se faire reconnaître à ceux dont l'univers religieux nous semble radicalement autre?

Peut-être faut-il rester sur des questions dont personne aujourd'hui ne connaît la réponse? Ces questions permettent que chacun continue à chercher un sens.

N'en est-il pas déjà ainsi dans la révélation du Nom de Dieu à Moïse? Loin d'en épuiser le mystère, elle l'a rendu plus profond. N'a-t-elle pas creusé en l'homme le désir de chercher ?

Le Principe Anthropique

Georges Armand

L'univers, une histoire

Les connaissances scientifiques qui nous permettent d'élaborer une représentation de l'univers se sont considérablement enrichies au cours du XXème siècle. Par voie de conséquence, notre vision de ce vaste ensemble en a été radicalement modifiée.

A la fin du XIXème siècle, on concevait l'espace comme étant une réalité sans limites, homogène en toutes ses parties. Ses propriétés ne variaient pas d'un point à un autre et étaient bien décrites par la géométrie euclidienne à trois dimensions. Le temps s'écoulait de façon uniforme et identique en tout point de l'espace. La matière, immergée dans cet espace, était en mouvement au fil du temps. Pour la plupart, les déplacements étaient cycliques, répétitifs, comme ceux des planètes autour du soleil, et n'étaient pas source de nouveauté. En bref, on se représentait l'univers comme étant immuable. Seuls, sur Terre, les êtres vivants (en particulier l'homme) étaient les produits, les fruits d'une évolution qui, au cours du temps était créatrice de nouveauté.

Aujourd'hui notre représentation de l'univers est radicalement différente. Elle n'est plus fixiste comme auparavant mais évolutive; ainsi peut-on dire que l'univers a une histoire. Cette évolution n'a jamais cessé et nulle partie de l'univers ne s'y est jamais soustraite. L'univers est en évolution. L'espace et le temps ne sont plus des entités absolues indépendantes de l'existence de matière. Ils sont liés en un espace-temps à quatre dimensions dont les propriétés locales dépendent de la densité locale de matière-énergie. Car matière et énergie sont deux aspects équivalents d'une même réalité : de la matière peut être transformée en énergie et vice versa¹. Sans matière-énergie, pas d'espace-temps et réciproquement.

Les transformations se produisant au cours de l'évolution s'enchaînent et réagissent les unes avec les autres. Pour certaines, il n'est pas possible de prévoir leur déroulement au delà d'un certain temps². Et

¹ Ce que nous appelons énergie atomique est une preuve expérimentale de cette équivalence. De la matière est transformée en énergie. Ce processus est à l'origine de l'émission d'énergie par les étoiles. Notre Soleil est une étoile parmi d'autres.

² Ce sont les phénomènes relevant des modèles de chaos déterministe. On ne peut alors prévoir l'état du système étudié au delà d'un temps caractéristique propre à ce système. L'atmosphère terrestre est un exemple d'un tel système. Les

cette indétermination n'est pas due à notre ignorance ou à l'imprécision de nos mesures, mais résulte de la nature même de ces phénomènes. Il s'ensuit qu'on ne peut plus concevoir l'évolution de l'univers et de ses parties dans le cadre d'un déterminisme¹ strict dans lequel tout s'enchaînerait de façon totalement prévisible à partir de conditions initiales précises. On pense aujourd'hui en terme de déterminisme affaibli.

L'univers évolue, se transforme en toutes ses parties... Parmi d'autres, une planète a été constituée il y a 4,5 milliards d'années environ. Sur celle-là le vivant est apparu, lui-même en expansion évolutive, une évolution aboutissant à l'homme.

Ces êtres humains qui vivent sur Terre sont des observateurs capables de reconstituer l'ensemble de l'histoire de l'univers; cette reconstitution devient, avec le temps, de plus en plus complète et précise. Pour ce faire, ils font appel à un enchaînement interactif de phénomènes naturels, qui ne laisse pas de place à des interventions, à des actions qui proviendraient d'un extérieur à cet univers.

Prenant en compte l'ensemble de ce constat, quelques physiciens ont été conduits à formuler, au cours de la décennie 1970-80, ce qui fut appelé alors le Principe Anthropique². Pour l'instant et dans le but d'en donner une idée, il suffira de dire qu'il postule que les caractéristiques propres de l'univers devaient et doivent être telles que des observateurs puissent apparaître au cours de son évolution. Après la première formulation de ce principe, son contenu fut l'objet de discussions et controverses au sein de la communauté scientifique. De cette légitime confrontation des points de vue ont émergé plusieurs énoncés nuancés ou affaiblissant le contenu initial.

Nous nous proposons en premier lieu, d'exposer brièvement les faits permettant de saisir le contenu des différents énoncés. Ensuite, nous exposerons la genèse de quelques formulations de ce Principe. Puis nous tenterons de tracer la limite entre un contenu proprement scientifique et un contenu de l'ordre de la signification. Enfin nous proposerons quelques réflexions ouvrant sur un choix de sens.

phénomènes météorologiques ne sont plus prévisibles au delà d'un temps évalué à 2 ou 3 semaines.

¹ voir à ce sujet la note de J.M.Flesselles dans *Connaître* n° 1 page 58.

² Qualificatif qui provient du grec anthropos qui signifie homme. Cette expression "Principe Anthropique" joue sur l'homophonie avec "entropique" qui se réfère à l'entropie, grandeur physique caractérisant l'état de désordre. Le second principe de la thermodynamique prescrit que cette entropie est une fonction croissante pour un système fermé. Appliquée à l'ensemble de l'univers, cette loi prédit une évolution vers état désespérément uniforme. Le Principe Anthropique peut donc être perçu comme l'antithèse du second principe de la thermodynamique car la vie semble être un singulier détour pour parvenir à cet état final, morne et froid.

Un modèle d'univers...

Pour construire un modèle d'univers capable de rendre compte de son évolution, on dispose d'un donné important que l'on peut classer en trois catégories : les outils, les briques et les ciments.

Les outils sont des théories validées par la confrontation aux données expérimentales, c'est-à-dire, pour l'essentiel, la relativité générale et la mécanique quantique. Les développements théoriques contiennent des constantes dont les valeurs numériques peuvent faire l'objet d'une détermination expérimentale. Ce sont par exemple la vitesse de la lumière dans le vide¹ et la constante de Planck².

Les briques sont les particules les plus élémentaires dont l'existence a été reconnue par l'expérience et qui sont décrites par le corps des théories. Ce sont des particules nommées quarks qui avec l'électron sont les particules élémentaires constitutives de toute particule matérielle³. Avec ces briques, on peut donc construire les protons et neutrons, puis avec eux les atomes, et par combinaison de ceux-ci les molécules.

Les ciments sont les forces agissant entre les partenaires ou plutôt les interactions (inter-action) entre ceux-ci. Dans l'univers actuel, on en dénombre quatre différentes. L'interaction forte qui lie les quarks entre eux et protons et neutrons au sein des noyaux des atomes, l'interaction faible qui se manifeste lors de désintégration radioactive, l'interaction électromagnétique (responsable, entre autres, des interactions entre charges électriques) et l'interaction gravitationnelle produisant une attraction entre masses de matière. A l'échelle macroscopique, l'interaction gravitationnelle s'exprime sous la forme de la loi de Newton. L'intensité de chacune de ces interactions dépend d'une constante de couplage, dont la valeur est déterminée par l'expérience.

D'un modèle élaboré avec les données rappelées ci-dessus, on déduit une histoire de l'univers, son évolution. Mais pour que l'ensemble soit valable, il est nécessaire que le modèle rende compte de nombreuses observations expérimentales dûment contrôlées et traduites en quantités mesurées. Nous ferons état ici des quatre plus importantes :

¹ La valeur mesurée est de 299 792,5 km/s, soit approximativement 300 000 km/s.

² Cette constante relie l'énergie cinétique d'une particule aux grandeurs caractérisant l'onde qui lui est associée. Elle fixe aussi l'amplitude de l'indétermination de position et de vitesse d'une particule.

³ On a des certitudes expérimentales de l'existence de cinq types de quarks. Le sixième (le quark top) vient d'être mis en évidence dans une expérience très récente aux États-Unis. Si cette découverte se confirme, il ne resterait plus aux physiciens qu'à découvrir le boson de Higgs, dernière particule prédite par le modèle standard à ne pas avoir été décelée. Mais ce terme sera-t-il une fin?

- les amas de galaxie s'éloignent les uns des autres, se fuient, avec une vitesse proportionnelle à leurs distances respectives. Depuis les premières mesures effectuées par l'astronome américain Hubble (1929), de nombreuses autres, plus précises, ont confirmé ce résultat et ont montré qu'il était indépendant de la direction d'observation. La fuite mutuelle des galaxie est un phénomène isotrope.

- l'univers est très froid. Les mesures effectuées, après celles de A.Penzias et R.Wilson en 1964, indiquent que les photons¹ qui peuplent l'espace interstellaire ont une répartition en énergie équivalente à une température de 3° Kelvin (- 270°C)². Comme la fuite des galaxies, il s'agit d'une propriété isotrope, avec néanmoins des irrégularités infimes, prédites par la théorie cosmologique et mises en évidence récemment par le télescope spatial Hubble. Bien entendu il existe quelques points chauds, comme les étoiles et les planètes, mais ce sont des agglomérats de matière très petits comparés aux dimensions du vide interstellaire.

- l'univers est composé, en moyenne, de 75% d'hydrogène et de 23% d'hélium. Le reste, soit 2%, est constitué par les 100 autres types d'atomes connus. Cette composition est homogène, est la même en tous lieux. Comme pour la température, les masses matérielles, les étoiles et planètes par exemple, sont de très petits points singuliers.

- sur Terre, peut-être ailleurs, des êtres vivants sont apparus et se sont multipliés. Nous en avons l'expérience et cette affirmation ressort de l'évidence. Mais si ces êtres vivants résultent d'une évolution, cela implique que se forme au moins une planète sur laquelle se trouvent réunies les conditions de leur apparition. En particulier, qu'il y soit concentré les atomes constitutifs des molécules biologiques, les protéines par exemple. Ce sont principalement et sans que cela soit suffisant, les atomes de carbone, oxygène, azote, hydrogène... qui, à l'exception du dernier, ont une concentration moyenne, dans l'univers, de 2%.

En conformité avec l'une des conclusions de la relativité générale et avec l'observation de la fuite des galaxie, l'univers est en continuelle expansion. Cela implique que dans le passé, sa taille était plus petite qu'elle n'est aujourd'hui, et d'autant plus petite que l'on remonte loin dans

¹ Quantum d'énergie du rayonnement électromagnétique. En termes plus imagés et moins précis : grain d'énergie lumineuse associé à l'onde de lumière

² Il existe plusieurs échelles de mesure de la température d'un corps. On connaît celle qu'utilisent usuellement les anglo-saxons, l'échelle en degrés Fahrenheit et celle que nous utilisons couramment, en degrés Celsius. Il s'agit ici de l'échelle en degrés Kelvin, analogue à l'échelle Celsius, mais différente l'une de l'autre par la valeur du zéro. Ainsi la température de la glace fondante est de 0° Celsius et de 273° Kelvin. Le 0° Kelvin (-273° Celsius) est le zéro absolu. La température d'un corps ne peut descendre en dessous de cette limite.

le passé. A la limite d'un commencement dans le passé, on le conçoit comme étant réduit à n'être pas plus gros qu'une des particules que nous avons rencontrées précédemment. Comme on le suppose physiquement isolé, la quantité de matière-énergie qu'il renferme reste constante au cours de l'expansion. Il s'ensuit qu'au commencement toute la matière-énergie de l'univers était concentrée dans un volume équivalent à celui d'une particule. La densité correspondante était donc colossale... et ce volume ne demandait qu'à croître, à grossir très brutalement. On se représente cette croissance aux premiers instants comme une explosion. Le nom suggestif de big-bang que porte ce modèle vient de cette vision. Cela se serait produit il y a 15 milliards d'années environ¹.

Dans ce cadre nous pouvons entreprendre la description de l'évolution de l'univers. En remontant le temps, depuis aujourd'hui jusqu'au commencement. Pendant une très longue période, d'aujourd'hui jusqu'à une seconde environ après le commencement, notre description, même si elle est incomplète, aura un caractère très plausible car nous disposons de données expérimentales validant les outils que nous utilisons. Avant la première seconde, les outils utilisés (les théories) ne peuvent plus faire l'objet de vérification expérimentale. En conséquence, notre discours est de l'ordre de l'hypothèse. D'ailleurs, il faut aussi souligner que les concepts et les mots usuels employés pour décrire cette période de prime jeunesse sont inadéquats. Nous serons donc approximatifs et notre discours ne sera pas exempt de paradoxes. Ainsi et par exemple, quelle notion porte le mot "commencement" que nous avons utilisé? Usuellement, ce mot porte l'idée de temps, de début dans le temps, d'un avant et d'un après. Or l'on a de bonnes raisons pour penser que le temps et l'espace, l'espace-temps n'existaient pas au commencement mais serait apparu quelques "micro instants" après ce commencement. On voit bien le paradoxe dans lequel le langage nous enferme! Il faut donc s'efforcer de reconnaître les limites d'un discours, avant d'en tirer d'éventuelles conclusions.

Reconstituant l'histoire

Cela étant précisé, nous donnerons ici une très brève description des événements qui se sont succédés à partir de la première seconde². L'univers ne contient alors que des protons, neutrons, électrons et neutrinos ainsi qu'un milliard de photons pour chacune de ces particules. Ce sont les ingrédients d'une soupe très épaisse et brûlante puisque la

¹ Cet âge n'est pas fixé de façon arbitraire. Il est donné par l'inverse de la constante de Hubble et par conséquent, il repose sur des données expérimentales. Les erreurs de mesure de la constante explique l'imprécision attachée à cet âge.

² Pour de plus amples développements, se reporter à la bibliographie.

température est de l'ordre de quelques milliards de degrés. Le chaudron qui la contient est très vaste puisque la taille de cet univers est de l'ordre de l'année-lumière¹. L'expansion se poursuit et ne cessera plus, entraînant une augmentation de la taille du chaudron et une baisse de la température de la soupe. Ce phénomène gouverne toute la suite des événements dont nous noterons quelques grandes étapes :

- les protons et les neutrons s'associent pour former les noyaux d'hélium. Lorsque tous les neutrons sont utilisés le chronomètre indique 3 minutes. Cette période est appelée nucléosynthèse primordiale, car se constituent alors les premiers noyaux d'atomes. Il faut remarquer ici que le neutron à l'état libre, soit non lié à l'intérieur d'un noyau, se désintègre radio activement avec une période de 15 minutes. Un modèle d'univers doit donc placer la nucléosynthèse des noyaux d'hélium bien avant le premier quart d'heure sinon la quantité de noyaux formés ne permettrait pas de retrouver la concentration actuelle en atomes d'hélium de 23%².

- après dix années, les noyaux d'hélium se lient avec des électrons pour constituer les atomes d'hélium. Il faut attendre cent ans environ pour assister à la formation d'atomes d'hydrogène à partir de protons et d'électrons et 300 000 ans pour que tous ces atomes se regroupent deux par deux en molécules d'hydrogène. La température de l'univers est alors de et sa taille de l'ordre de 15 millions d'années-lumière.

- la densité de matière est alors très faible. Les photons, les grains de lumière, se déplacent dans ce milieu sans rencontrer les atomes d'hélium ou les molécules d'hydrogène. Il n'y a plus d'interaction entre eux. On exprime ce fait en disant qu'il y a découplage photon matière. En conséquence, on doit considérer séparément leur devenir respectif.

- pour les premiers, l'histoire est simple. Au cours de l'évolution ultérieure, l'univers va grossir d'un facteur mille et la température équivalente des photons, qui était de 3000°Kelvin, sera divisée par ce même facteur. On retrouve donc la température de 3°Kelvin, celle qui est mesurée aujourd'hui.

- en ce qui concerne la matière, il faudra attendre quelques cent millions d'années avant d'assister à la naissance des premières étoiles, les étoiles dites de génération 1. En leur sein, au fur et à mesure que la température s'élève, les atomes d'hélium et d'hydrogène suivent le chemin inverse de celui qui les avait produits et reviennent en l'état qui prévalait lors de la nucléosynthèse primordiale. Les noyaux d'hydrogène fusionnent pour donner des noyaux d'hélium puis, la température du milieu croissant

¹ Longueur égale à la distance parcourue par un rayon lumineux dans le vide pendant une année, soit 9460,8 milliards de kilomètres.

² Les noyaux d'hélium sont en effet constitués d'un proton et d'un neutron. Il faut donc qu'ils se soient formés avant que les neutrons ne se fussent désintégrés, soit avant les quinze minutes fatidiques

encore, trois noyaux d'hélium fusionnent entre eux pour former les premiers noyaux de carbone. Ces noyaux sont alors dans un état excité; de plus, ils ont une masse-énergie presque égale à celle des trois noyaux d'hélium qui ont servi à les former. Cette concordance fortuite facilite la réaction nucléaire. Sans elle, il est probable que les étoiles n'auraient pas synthétisé le carbone... Ensuite sont synthétisés les noyaux d'oxygène, d'azote... Mais à ce jeu le combustible s'épuise et l'étoile meurt en s'effondrant sur elle-même. Il se produit une gigantesque implosion suivie d'une explosion qui projette dans l'espace interstellaire tous les corps synthétisés. Ce milieu s'enrichit un peu en carbone, oxygène, azote... Les étoiles de seconde génération se constitueront à partir de ce milieu et par leur mort contribueront à l'enrichir un peu plus. Le Soleil est une étoile de génération 3, s'étant constitué 10 milliards d'années après le commencement, soit il y a 5 milliards d'années environ. La Terre est un peu plus jeune... mais tous les atomes qui la composent ont été synthétisés par les étoiles. Nous sommes poussières mais poussières d'étoiles¹.

Une histoire singulière

Cette histoire, brièvement retracée, est caractérisée par trois faits importants:

- tout d'abord, elle se déroule en une succession de phénomènes naturels accessibles à notre entendement. Ces phénomènes ne s'enchaînent pas tous suivant une succession de cause à effet, mais ils s'enchaînent en réagissant les uns sur les autres. Cette interaction réciproque produit de la nouveauté.

- ces produits nouveaux sont à la fois plus complexes et plus individualisés. On constate en effet, en partant de la première seconde, que les structures produites à partir des protons, neutrons et électrons sont de plus en plus élaborées et complexes. Ce sont, comme nous l'avons vu, les noyaux d'atomes d'hélium, puis les atomes de ce corps et ensuite les molécules d'hydrogène. A partir de ceux-ci se constituent les premières étoiles, des machineries complexes, qui fabriquent des atomes comme le carbone, qui sont eux-mêmes plus complexes que ceux qui ont alimenté la fournaise qui les a élaborés. Quant au vivant, les molécules qui le constituent sont beaucoup plus élaborées et les structures vivantes se situent au niveau le plus élevé de la complexification.

Mais en se complexifiant, les structures deviennent aussi de plus en plus individualisées. Ce dernier point n'a peut-être pas été suffisamment souligné jusqu'ici. Toutes les particules que nous avons inventoriées sont

¹ Titre d'un livre d'Hubert Reeves, Seuil.

indiscernables, ce qui signifie que l'on ne peut discerner une particule de sa consœur du même type. Par exemple, on ne peut discerner un proton d'un autre proton, un électron d'un autre électron. On ne peut les individualiser. Il en est de même des atomes ou des molécules d'un même type. Mais au niveau de leurs plus ou moins gros agglomérats (astéroïdes, planètes ou étoiles, par exemple), les corps ainsi formés sont localisés dans l'espace-temps et discernables les uns des autres. Le vivant est, en chacun de ses représentants, individualisé. En effet à l'intérieur d'un même type, d'une même espèce, un être vivant se distingue en général d'un autre par le fait qu'il n'a pas le même génome, que ce génome est pour chacun unique.

- enfin cet univers est singulier parmi un ensemble d'univers que l'on peut concevoir et dont on peut déterminer les propriétés. En effet, on est à même de reproduire par le calcul l'évolution de divers univers, différents du nôtre par leurs structures et leurs propriétés initiales. On peut changer, entre autres grandeurs, la valeur numérique de l'une des constantes de couplage des interactions et en déduire l'effet produit. On obtient un autre univers dans lequel, en général, la vie ne peut apparaître naturellement. Par exemple :

- une faible augmentation de la constante de force faible provoque une diminution de la période de désintégration radioactive du neutron. Ces particules disparaissent alors avant qu'ils ne puissent être associés aux protons pour former les noyaux d'hélium. La nucléosynthèse primordiale n'a pas lieu et l'univers ne contient que des atomes ou molécules d'hydrogène.

- une faible variation, dans un sens ou dans l'autre, de la constante de couplage de l'interaction forte supprime la coïncidence entre l'énergie de quatre atomes d'hélium et celle du carbone excité. La réaction ne peut se produire. Sans carbone, l'univers est sans vie.

On peut faire varier ainsi les valeurs de chacune des constantes physiques qui sont nécessaires pour décrire un univers. On s'aperçoit alors que la grande majorité des univers ainsi recomposés ne peuvent accoucher de la vie. En ce sens celui qui nous abrite est singulier et cette singularité proviendrait d'une configuration primordiale, de conditions initiales très précises.

Genèse et formulation d'un Principe

En 1961, alors que le modèle d'univers et les développements que nous venons d'exposer n'étaient pas encore établis, R.H.Dick, remarquant la coïncidence entre les valeurs de deux grands nombres signifiant que l'âge de l'univers doit être de l'ordre de grandeur de la durée de vie d'une étoile, en proposa une explication de caractère anthropique. Pour lui cette

coïncidence est une conséquence de la présence d'êtres vivants dans l'univers. Car elle impose à l'univers d'être suffisamment vieux pour que le carbone ait eu le temps d'apparaître. Or celui-ci n'apparaît que dans le cadre de nucléosynthèses stellaires comme nous venons de l'expliquer.

En 1975, B.Carter reprit ces idées et énonça une proposition qu'il nomma Principe Anthropique. En fait il en énonça deux versions dites respectivement faible et forte.

La forme faible stipule que la présence d'observateurs dans l'univers impose une contrainte sur l'âge de l'univers. Il doit être compris entre certaines limites.

La forme forte étend le champ des contraintes à l'ensemble des propriétés de l'univers et non plus seulement sur son âge. En particulier, les valeurs des constantes physiques doivent satisfaire cette contrainte anthropique. Carter résume toutes ces idées en disant: "l'univers est tel qu'il est parce que nous existons".

De là à penser qu'il a été fabriqué ou qu'il s'est fabriqué en vue de notre existence, il n'y a qu'un petit pas. Bien que ce pas ne soit pas explicitement franchi, il n'en reste pas moins vrai que la version forte, tout au moins, introduit par le biais de données scientifiques une interprétation téléologique, introduit une idée de finalité ou fait implicitement appel à une intentionnalité. Le principe ainsi énoncé ne se situe pas exclusivement dans un cadre scientifique et de ce fait est critiquable.

C'est alors que furent entreprises les études des différentes classes d'univers possibles. En faisant varier les constantes physiques ou les propriétés initiales de l'univers, on dressa ainsi un inventaire de quelques univers possibles et on décrivit leurs propriétés. Nous avons vu ci-dessus qu'une des conclusions que nous pouvons tirer de telles études, est que notre univers est singulier. Mais ce n'est pas la seule conclusion possible et d'autres ont été proposées qui en quelque sorte prennent le contre-pied de celle-ci. Nous pouvons les regrouper en deux grandes classes:

- si l'on peut concevoir d'autres univers, c'est parce que l'univers est en fait composé d'un ensemble de mini-univers ayant tous des propriétés différentes. Le nôtre est l'un de ceux-là, situé dans une région du grand univers formé par l'ensemble des mini-univers possibles. Certains ajoutent que celui ou ceux qui réunissent les conditions d'apparition de la vie sont le résultat d'un hasard, d'une sorte de loterie qui ferait apparaître un bon ou un mauvais numéro.

- l'univers évolue de façon cyclique. Cette conception est issue des études visant à prévoir le futur de notre univers. En effet, on peut envisager deux scénarii : soit l'expansion actuelle se poursuit indéfiniment, soit cette expansion se ralentit, s'arrête et est alors suivie d'une phase de contraction ramenant l'univers à son point de départ. Il aurait alors décrit un cycle. Donc, selon la conception d'un univers cyclique, celui-ci se réalise en une succession de cycles et à chaque cycle ses propriétés sont

différentes. Nous serions dans un des cycles favorables à l'apparition de la vie. Là aussi certains ajoutent que les conditions initiales du début de chaque cycle sont le résultat du hasard.

Ces deux conceptions¹ ont pour elles l'avantage de réduire l'importance, voire de supprimer les notions de finalité ou d'intentionnalité qui sont implicitement contenues dans la formulation du Principe Anthropique basée sur l'existence d'un seul univers. Mais elles font appel à l'existence d'univers ou à des cycles d'un même univers dont on ne peut, par l'expérience, vérifier la réalité. En effet il est peu probable qu'ils puissent se manifester par des effets observables par des observateurs localisés dans notre univers. Si l'on se réfère à la règle du rasoir d'Ockham qui exclue toute pluralité de raisons que n'impose pas l'expérience, soit une règle d'économie, on ne peut plus considérer ces conceptions.

Autres formulations... le Principe de complexité...

On doit donc considérer un univers unique et dans ce cadre, on est renvoyé au Principe Anthropique. Peut-on en formuler un énoncé qui soit exempt de toute interprétation téléologique? Son énoncé peut-il être débarrassé de tout point de vue subjectif et en tendant à l'objectivité², peut-on lui conférer un caractère scientifique? Il semble bien que cette gageure ait été tenue par H.Reeves en proposant un énoncé de ce Principe à la fois plus limité et plus général. Cet auteur, pour bien marquer le changement de point de vue, l'appelle Principe de complexité et le formule ainsi : "*l'univers possède depuis les temps les plus reculés accessibles à notre exploration, les propriétés requises pour amener la matière à gravir les échelons de la complexité*"³.

Ce dernier énoncé est plus objectif que les précédents et cela pour deux raisons. Tout d'abord il limite la portée de l'énoncé à ce qui est accessible à notre entendement. Pour l'instant, il s'agit de la période débutant une seconde après le commencement. Ensuite il englobe tous les échelons de la complexité, l'ensemble du processus de complexification. Cette position évite de redonner à la vie et à l'homme en particulier, une place centrale dans l'univers, une conception en contradiction avec ce qu'on appelle le principe cosmologique. En effet il résulte de la relativité générale que toute position dans l'univers est équivalente, qu'aucune

¹ Au début du XVIII^e siècle, Leibnitz conçut une pluralité des mondes. Parmi les mondes possibles, le nôtre serait celui qui réunirait le plus grand nombre de perfections et aurait un nombre de défauts minimum (Essai de Théodicée).

² Voir Ph.Auroy, *Connaître* n° 1 page19.

³ H.Reeves, "L'heure de s'enivrer", Le Seuil, 1986.

position n'est privilégiée. En particulier il n'est pas strictement improbable qu'en d'autres lieux que sur Terre, la matière ait pu gravir les échelons de la complexité pour atteindre une forme de vie.

Peut-on, sans manquer à l'objectivité, étendre la validité de cet énoncé au delà de la limite temporelle qu'il s'impose? Peut-on étendre donc sa validité en remontant le temps jusqu'au commencement en n'oubliant pas les réserves que nous avons formulées à propos de l'emploi de ce mot? Oui, si l'affirmation a alors le statut d'une hypothèse. Une hypothèse qui serait validée si le modèle de big-bang se révèle être valable depuis le commencement car alors l'univers apparaît en ayant des propriétés bien précises. Mais une hypothèse qui demanderait à être revue si les résultats de récentes théories tendant à unifier les quatre interactions fondamentales en une seule et de ce fait aptes à décrire les tous premiers instants, sont authentifiés. On pourrait alors dire "*l'univers se contiendrait entièrement lui-même et ne serait affecté par rien d'extérieur à lui. Il ne pourrait être ni créé ni détruit. Il ne pourrait qu'ETRE*"¹.

Mais au fond, quel que soit le modèle valable ou qui sera validé, il est ou il sera nécessaire qu'il rende compte de tout ce que nous observons, en particulier du fait que nous existons. Même s'il ne peut qu'ETRE, l'univers doit ETRE tel, dans ses structures, que la complexité puisse croître en quelques lieux de notre espace-temps et aboutir à une forme de vie plus ou moins élaborée. Même si l'univers surgit à partir d'un état chaotique, au sens que les physiciens donnent à ce concept, son état au début ne peut être quelconque, comme le souligne S.Hawking "*...l'état présent de l'univers a pu naître à partir d'un grand nombre de configurations initiales différentes... Il ne peut être question, cependant, que toute configuration initiale ait pu mener à un univers tel que celui que nous observons.*"¹.

Il est donc légitime, du point de vue de l'objectivité, d'énoncer un Principe qui résume les contraintes imposées à tout modèle visant à décrire l'évolution de l'univers. Il doit définir les conditions physiques et biologiques que le modèle doit remplir pour être reconnu valable, en évitant d'inclure des redondances et des conditions superfétatoires. Mais ce principe étant énoncé, de quelle utilité peut-il être dans la pratique scientifique? Il peut être alors utilisé comme un principe de sélection servant à éliminer tout modèle qui a priori ou a posteriori ne satisferait pas à une des conditions essentielles. Sur un mode plus positif, il peut être aussi vu et utilisé comme un principe de compatibilité² prescrivant les

¹ S.Hawking, "Une brève histoire du temps", page 173 (1° renvoi), page 168 (2° renvoi), Flammarion 1988.

² Les idées de principe de sélection ou de compatibilité ont été exprimées par J.P.Lonchamp, dans *Études* Avril 1991, page 499.

conditions de compatibilité d'un modèle en rapport avec toute l'histoire de l'univers.

Toutes ces conditions ne peuvent être énoncées en une courte formulation. Ce type d'énoncé ne peut que tendre à exprimer une synthèse de ce qui est essentiel. De ce point de vue, le Principe de complexité souligne en un raccourci saisissant l'importance du mouvement de complexification. En mettant l'accent sur d'autres caractéristiques de l'évolution de l'univers, on peut proposer d'autres énoncés synthétiques...

Ainsi nous pouvons dire : pour nous observateurs, l'univers évolue à partir d'une constitution première, d'une configuration primordiale contenant en puissance, en état de potentialité toutes les composantes qui apparaîtront et que nous observons, des plus simples aux plus complexes. Cette formulation implique notamment que le processus univers se déroule selon une morphogénèse ou plutôt une structurogénèse autonome, c'est-à-dire sans intervention ou apport d'un éventuel extérieur.

Du contenu au sens

La comparaison, sans être raison, avec la reproduction sexuée chez les êtres vivants peut être éclairante. Lorsque les deux gamètes ont fusionné, la nouvelle cellule se divise et se diversifie selon un processus de morphogénèse autonome mais qui n'est pas autosuffisant. En effet le nouveau vivant doit, pour se construire, recevoir de l'extérieur les matériaux nécessaires à cette construction et être placé dans un environnement favorable. Il en est de même, toute proportion gardée, de la morphogénèse de l'univers, à cela près toutefois, qu'en ce processus il est autosuffisant.

Afin de poursuivre la comparaison, on notera préalablement, que l'un des caractères essentiels de chaque être vivant, explicité par J.Monod,¹ est d'être doté d'une téléonomie². Cette notion diffère de celle de finalité en ce sens qu'elle porte, pour cet auteur, l'idée de projet et non celle d'aboutissement, de fin. Chaque être vivant porte un projet visant à ce qu'il assure la pérennité de l'espèce. Ce caractère téléonomique est différent de l'invariance reproductive, un des caractères au moyen duquel le projet se réalise.

Par comparaison donc, l'univers serait-il doté d'un tel projet, ou reconnaissons-nous dans son évolution les effets de cette propriété? Et notre formulation du principe, ou d'autres, visant à l'objectivité, ne

¹ J.Monod, Le hasard et la nécessité Seuil 1970. page 26 (1° renvoi), page 39 (2° renvoi).

² Téléonomie, du grec téléos fin et nomos loi.

portent-elles pas la marque, l'empreinte d'un tel concept que nous admettons en notre subjectivité? S'il en est ainsi, on ferait alors appel à un principe téléonomique universel et, ce faisant, on adopterait une attitude mentale qualifiée par J.Monod d'animiste¹. Animiste en effet, si cela revient à dire qu'une sorte de psyché est active au sein de l'univers, guidant et orientant son évolution. Poussée à l'extrême, cette attitude de pensée reporte sur un mythe l'explication d'une évolution qui se déroule selon des processus naturels.

Cette attitude n'étant pas la nôtre, on éliminera de notre discours toute idée de ce genre. Mais cela étant précisé, il faut bien reconnaître qu'en ce discours, nous prenons une position téléonomique en postulant que l'état primordial de l'univers est ordonné à un devenir. On ne peut en fait éviter d'introduire dans nos formulations une certaine subjectivité minimale, car nous sommes en ce point à la charnière où le discours scientifique bascule vers une éventuelle signification. L'ensemble des données objectives sur l'univers et son évolution laisse la place à une interprétation et ouvre la voie à la recherche d'un sens (ou d'une absence de sens!). En toute liberté, chacun peut alors se forger une intime et profonde conviction qui cependant devra rester cohérente avec les données objectives.

Bibliographie

Sur le principe anthropique:

J.Demaret, Le principe anthropique, Bulletin n° 17 de l'association Science et Théologie, 1986.

J.P Longchamp Études Avril 1991.

Sur "l'histoire" de l'univers avec allusions ou discussions de sens possibles :

S.Weinberg, "Les trois premières minutes de l'univers", Seuil 1978.

H.Reeves, "Patience dans l'azur", Seuil, 1981.

" , "Poussières d'étoiles", Seuil, 1984.

Trinh Xuan Thuan, "La mélodie secrète", Fayard, 1988.

S.Hawking, "Une brève histoire du temps", Flammarion, 1989.

Forum

En Afrique du Sud

Un nouveau bulletin voit le jour, intitulé : “South African Science and Religion Forum”. Ce Forum est édité par l’“Institute of Theological Research”, University of South Africa, Pretoria. Beaucoup des objectifs des auteurs de ce bulletin sont communs avec ceux de l’Association Foi et Culture scientifique. En témoigne ci-dessous l’éditorial du premier numéro. Cet éditorial est écrit par le rédacteur en chef, Peter Barrett, professeur de physique à l’Université du Natal à Durban (Lettre N°1, Novembre 1993) :

En créant la série de conférences “Starbridge”, la faculté de la Divinité à Cambridge a énuméré une série de sujets d’intérêt actuel pour le dialogue science/théologie :

une réanimation de la théologie naturelle,

la relation de la cosmologie avec la doctrine de la création,

la signification d’un univers en évolution,

la nature de l’humanité (spécialement la discussion de l’esprit et du cerveau),

et le développement de nouvelles compréhensions de l’action divine dans le monde.

On peut se demander, a-t-elle ajouté, si les traditions religieuses du monde ne pourraient pas trouver un point significatif de dialogue préliminaire par une étude comparative de leur attitude devant le monde physique. Cette remarque contient clairement une idée importante pour le “Forum Science et Religion d’Afrique du Sud”.

Si, pour le moment nous nous arrêtons à la question de “*la relation de la cosmologie à la doctrine chrétienne de la création*”, la suggestion de Bob Russell énonçant la contingence comme lien principal, vaut bien d’être explorée. Peut-être cela peut-il s’exprimer en terme de la fameuse question de Leibniz : “*Ce monde est-il le meilleur de tous les mondes possibles ?*”, une question qui appelle une réponse par les deux disciplines. (Le grand mathématicien du XVIIe siècle fut sévèrement ridiculisé par Voltaire, parce qu’en répondant affirmativement à sa propre question, il impliquait le pire des conservatismes politiques).

Les scientifiques sont bien conscients de ce que l’univers semble accordé très finement, jusqu’à un degré extraordinaire, pour produire les conditions nécessaires pour la vie, et qu’un tel univers serait encore nécessaire, semble-t-il, même pour le but modeste de faire apparaître une colonie de fourmis. Et notre univers contient beaucoup plus qu’une colonie de fourmis. Il contient des êtres humains dans un environnement

tel qu'ils puissent apprendre, recevoir, aimer, découvrir le sens et avoir la liberté de croire en Dieu ou de ne pas croire. Notre présence n'impliquerait-elle pas un processus non seulement plus complexe et délicatement équilibré, mais surtout un acte de création bien plus grand? Et ceci nous amène immédiatement dans le domaine théologique où la connaissance et la compréhension (au delà du domaine simplement scientifique) résultent de combats intellectuels dont des siècles amplement témoignent.

Dans son livre, "L'aventure de l'amour, la dépense de l'Amour", W.H. Vanstone attire l'attention sur le coût de la création. Elle est coûteuse pour le Créateur. Nous lisons dans la Genèse (Chap. 1) que "Dieu dit ... et il en fut ainsi" comme si la création était sans effort ! Mais si l'on admet comme un axiome la bonté de Dieu, Vanstone montre qu'une telle bonté ne retient aucune réserve de puissance ou de sagesse ou d'amour. Tout est versé dans l'action de créer et de soutenir le monde. Et c'est là certainement qu'est la base pour répondre "oui" à Leibniz.

Au delà de cet axiome, et lui apportant son soutien, se trouve une puissante image. Il y a une tradition de la philosophie juive, écrit John Polkinghorne, qui dit que l'acte de donner existence au monde implique en même temps un processus de dépouillement en Dieu. De ce point de vue, nous pouvons imaginer que la "kénose", le fait de se vider soi-même, n'est pas seulement caractéristique du Christ dans son incarnation, mais se trouve au coeur même de Dieu trinité. Non pas concentré dans l'incarnation et la crucifixion, mais éternellement le caractère de Dieu qui est "l'Agneau immolé pour la fondation du monde", dans l'espace-temps et au-delà. Quelque chose de cette pensée se retrouve chez Pascal lorsque celui-ci écrit que "Jésus sera en agonie jusqu'à la fin du monde", portant la conséquence de la création gratuite.

(traduction D.G., Déc. 93)

Aux États-Unis

Voici d'autres nouvelles du dialogue Science-Foi, qui nous viennent des États-Unis, avec l'Institut pour la rencontre théologique avec la science et la technologie (ITEST, 221, North Grand Boulevard, St. Louis, Missouri 63103, USA). "ITEST" a fêté à l'automne 1993 son vingt-cinquième anniversaire. L'Institut édite un bulletin trimestriel. Voici l'éditorial du bulletin de l'hiver 1994, signé par le Directeur, Robert Brungs, S.J. :

La presse et les médias électroniques sont pleins de nouvelles sur les super-autoroutes de l'information électronique. Pourquoi ai-je une impression de "déjà vu"? Peut-être est-ce parce que, même dans la durée d'existence de ITEST, plusieurs utopies (ou presque-utopies) sont venues et

disparues. Alors que nous entrons dans ce "nouvel âge" avec de grands espoirs de résoudre nos problèmes, nous allons probablement trouver de nouveaux serpents dans ce paradis.

Quelle nouvelle sagesse va s'écouler à grande vitesse le long de ces super-autoroutes? Je parie que ce sera un flot semi-chaotique de "factoïdes" luttant pour attirer l'attention. Si la vie réelle a une image à offrir, ce serait celle d'une route nationale bondées par les semi-remorques qui demandent (et obtiennent) leur place sur la route. Les factoïdes timides feraient mieux de rester dans la "file lente". Peut-être aussi que nous serons capables de nous faire piéger dans les embouteillages de l'information, comme nous le faisons autour des villes à l'heure du trafic maximum. Nous avons déjà plus d' "information" que nous n'en pouvons maîtriser judicieusement. Qu'est-ce qu'on fera avec encore plus ?

Un autre sujet de la littérature populaire, est celui de la "réalité virtuelle". En d'autres termes, nous serons capables de vivre sans vivre réellement. C'est vrai qu'il y a une place importante dans notre civilisation pour la "réalité virtuelle". Je pense en particulier aux applications telles que les simulateurs de vol, et aux autres outils qui (au moins théoriquement) nous permettent d'apprendre plus rapidement des métiers qui autrement ne seraient acquis que plus lentement et avec moins de sécurité. Mais nous savons que, comme d'autres technologies, cette capacité d'interface entre l'esprit humain et les ordinateurs sera détournée à des fins assez frivoles.

Je me demande si la "réalité virtuelle" ne risque pas de nous détourner de la "réalité réelle". Alors que je suis assis dans le confort de mon univers personnel, et que j'écoute les plus grands orchestres symphoniques du monde, je réalise que, pas plus de deux générations avant moi, j'aurais dû me rendre dans une salle publique pour les entendre à chaque fois. En bref, il y a un aspect de "privatisation" dans ces technologies. Je soupçonne fortement qu'il en sera de même pour la "réalité virtuelle". J'ai déjà vu des publicités pour une nouvelle merveille appelée "Cybersex". Cela promet de devenir le "nec plus ultra" du sexe solitaire. Pourtant, en tant que chrétien, je crois qu'il y a un aspect essentiel de communication dans notre sexualité. Si j'ai raison, il va y avoir encore plus d'épreuves pour apporter le message du Christ.

Ce ne sont encore que quelques idées assez disjointes à propos de l'établissement de nos nouveaux réseaux électroniques. Cela vaudra le coup d'observer dans quelle mesure ils vont nous rendre encore plus privés, individuels.

(traduit par D.G.)

Du côté de Montpellier :

Le groupe "Science et Foi" de Montpellier (1119, Rue J. Anglada, 34090 Montpellier) a rencontré des animateurs d'étudiants (aumôniers) et de la paroisse universitaire, pour s'enquérir des soucis et questions des jeunes. Voici des extraits de cette rencontre, dont le compte-rendu est écrit par Michel Denizot.

Le résumé de cette rencontre fait apparaître huit préoccupations des jeunes :

1. le chômage, réussir ses études, trouver du travail;
2. réussir sa vie affective, réussir à se marier, surtout pour les jeunes filles;
3. les scandales de la faim dans le monde, du sous-développement, de la guerre (Bosnie), de la pollution, les scandales financiers; cela les émeut et provoque un désir d'agir souvent déçu, d'où tentation de découragement et de fuite; plusieurs gardent la volonté de résister et de réagir; ce sont des actions concrètes, immédiates, qui les attirent;
4. le manque d'amour, le divorce des parents quand c'est le cas;
5. la solitude de certains étudiants étrangers, leurs difficultés administratives et financières;
6. le sida et les MST; comment réussir une vie sexuelle et d'amour face à tant de menaces, de difficultés physiques et relationnelles;
7. les questions de bioéthique et biogénétique, mais seulement semble-t-il pour des étudiants en médecine, dans les sciences paramédicales et partiellement pour des étudiants en science;
8. pour les jeunes chrétiens, trouver sa place dans l'église; l'église est jugée souvent trop hiérarchique (discours du Pape) ou passive (paroisse); ils cherchent d'avantage les petits groupes de prière, communautés, pèlerinages, bref tout ce qui est chaleureux, joyeux et participatif; ils veulent une église signe d'espérance dans un monde souvent dur, violent et décevant.

Ce constat est suivi de commentaires :

Il y a une demande [en matière de] culture générale et d'information scientifique... La formation [des étudiants] actuelle ne favorise pas la réflexion personnelle et le sens critique... Il est évident que les perspectives d'avenir, compétition et chômage, incitent plus à bûcher des cours qu'à se cultiver. L'enseignement est morcelé et chaque spécialiste essaye de faire passer le maximum de connaissances, mais dans son domaine strict. Les enseignants sont prêts à discuter avec n'importe quel étudiant, mais il ne s'agit le plus souvent que de la compréhension du cours et de leur avenir. Quel pourrait être notre devoir en ce domaine? ...[interpréter] certains résultats, ...[ouvrir] à une interdisciplinarité,

...[éviter une mauvaise] exploitation de résultats scientifiques en philosophie ou en organisation personnelle ou sociale...

Le fonctionnement de l'université : La représentation des étudiants dans les différents conseils, bien que numériquement importante, devient symbolique, par désintérêt. Ce n'est pas [seulement] au niveau d'un conseil qu'ils peuvent agir, ce serait au niveau de structures plus décentralisées, dans les amphithéâtres... Au niveau du fonctionnement d'un enseignement, où ils auraient des choses à dire, [est-ce qu'on] leur pose des questions? [Faute de ce dialogue] l'organisation de l'enseignement qui les concerne directement n'est pas dans leur sphère de préoccupation.

Notes de lecture

Lettre à Julie, Essai sur les rapports du Savoir et de la Foi **de Tyl NAUTS**

Barré & Dayez Ed., Paris, 1993, 127 pages, 80 FF

Voici un ouvrage qui met la foi en perspective dans le savoir commun c'est-à-dire dans la culture véhiculée par l'enseignement et les médias. Ce livre tient compte des connaissances acquises par la méthode expérimentale, en sciences dures comme en sciences humaines. Il ne s'arrête pas pour autant à une analyse épistémologique; de même, il passe sur les quelques difficultés spécifiques de (re)présentation que soulèvent certains exposés routiniers de la foi dans le contexte du savoir scientifique.

Il ne faut pas en effet s'attendre à trouver ici approfondis des points spécifiques du dialogue entre "le savoir et la foi", ni que soient lancés de nouveaux ponts. Le propos n'est pas celui de l'explorateur qui ouvre de nouveaux chemins. C'est plutôt celui du sage, qui regarde la vie avec la sagesse du soir. Lucide et cultivé, l'auteur écrit dans une belle langue équilibrée, avec un style qui souvent rappelle celui des maximes. On adhère volontiers à beaucoup de ses énoncés. Certains pourraient être retenus comme des guides pour la vie quotidienne :

"Le bonheur tient beaucoup plus à notre façon d'accueillir - ou de susciter - les événements de notre vie, qu'à ces événements eux-mêmes" (p.32).

Ou bien ces remarques sur la vie de couple :

"le don mutuel implique l'aveu. La réussite repose sur la conjonction de deux faiblesses constamment pardonnées. Et l'échec ressortit à l'orgueil plus encore qu'à l'égoïsme" (p.90).

D'autres appartiennent au registre du philosophe, et font souvent mouche :

"Pour l'homme, parce qu'il est le seul être pensant, le seul capable d'inventer, le seul poète, la mort et ce qui y mène sont un mystérieux scandale" (p.71).

La méthode scientifique et l'évidence apparemment massive du savoir qu'elle découvre, n'ont que trop tendance à faire oublier le sujet qui est à leur source. Par la science en effet, avons-nous bien tout compris?

“Si l'intelligence humaine a des limites, n'est-ce pas pour laisser la place à l'intelligence du coeur ?” (p.73).

Ce sont des remarques qui sonnent justes. Mais il en est d'autres que je ne partage pas. Sans s'attarder sur certains énoncés approximatifs, il y a une affirmation qui passe à côté d'un très ancien débat de fond toujours récurrent :

“L'outil mathématique, pour précieux qu'il soit, n'a jamais prétendu rendre compte du réel” (p.77)

C'est oublier la querelle, toujours renaissante depuis Guillaume d'Occam, du nominalisme, et la séduction, toujours actuelle, du “Tout est nombre”.

Dans un autre ordre que celui qui touche directement à la science, je ne peux être d'accord avec des définitions trop restrictives et trop passives du croyant ou de la foi :

“Un croyant, c'est celui qui reconnaît et accepte la présence divine dans sa propre conscience” (p.67), ou bien :

“La foi met en avant la conscience du bien et du mal... nous avons besoin de croire, de voir ce qu'on ne voit pas avec les yeux” (p.20),

Je ne reconnais pas là la foi d'Abraham. Est-ce bien ainsi qu'un jour il partit à la découverte de l'imprédictible, à la rencontre de l'a-venir. Avait-il vraiment commencé par s'assurer de ses arrières, apprendre la liste du bien et du mal, et se boucher les yeux? Est-ce bien par là que commence et se multiplie une descendance de vivants plus nombreux que le sable de la mer?

Il est vrai que ces images sont communément répandues, et qu'on ne saurait trop s'en écarter sans quitter le ton du bon sens, ou de la conversation familière, dans lequel se tient l'auteur.

Ce ton de la conversation nous fait toucher une double difficulté de l'ouvrage. Car non seulement ce ton empêche d'aller trop loin, mais encore son audience se restreint au petit cercle, sinon au tête-à-tête. Qui est-ce qui parle, et à qui s'adresse-t-il? Julie est évidemment un personnage imaginaire, celui d'une jeune femme sortant du lycée, encore toute impressionnée par le savoir qu'elle vient d'acquérir. Qui donc est l'auteur? On n'en saura jamais rien. Mis à part le cadre familial et ses quelques moments de grâce où deux générations peuvent s'écouter, comment la voix anonyme de ce livre peut-elle être entendue par les 18-25 ans à qui elle voudrait s'adresser? Une parole aussi forte que celle de la foi s'appuie sur une vie reconnue, celle de celui qui parle. Cette parole

rencontre celui qui écoute, à condition de partir des questions que l'écouter se pose. Certes, une apologie de la foi chrétienne dans la culture d'aujourd'hui est possible, et souvent ce livre le montre. Mais les jeunes ont-ils le désir d'écouter une apologie ?

Il reste que l'homme mûr que je suis, reçoit souvent cet ouvrage avec bonheur, parce qu'il a le goût de l'équilibre et de la perspective. D'autres l'apprécieront aussi. Son message passera-t-il à une autre génération ? Avec l'auteur, je le souhaite. Mais je n'en suis pas sûr.

D.G.

Le nouvel ordre écologique,
L'arbre, l'animal et l'homme **de Luc Ferry**
Grasset , 1992, 275 pages

La protection de la nature et de l'environnement sont à l'ordre du jour. Les combats pour l'écologie font partie de la vie politique. Mais on sait moins que derrière les campagnes des Verts il existe un travail très important de réflexion philosophique et c'est ce que nous révèle le livre de Luc Ferry.

Tout le monde est bien conscient que pour préserver la qualité de la vie et même à la limite pour permettre la survie de l'humanité, il est nécessaire de lutter contre la pollution et la dégradation de l'environnement par des mesures législatives appropriées. Le sentiment est aussi très répandu que la nature vaut la peine d'être protégée pour elle-même, pour sa valeur intrinsèque. Des voix s'élèvent pour éviter la disparition d'espèces animales sauvages même nuisibles à l'homme. La destruction d'un beau site naturel par des constructions soulève couramment des protestations indignées. L'auteur cite l'exemple d'une belle vallée sauvage de Californie qui était menacée par la construction d'un "Disney Land". Aucun intérêt humain n'était directement lésé par ce projet, mais des défenseurs de la nature se sont dressés en réclamant qu'on donne aux arbres et aux rochers une personnalité juridique et des droits légaux qui permettent de les défendre pour eux-mêmes.

Des intellectuels se sont passionnés pour cette idée un peu folle et lui ont trouvé des racines historiques et philosophiques. A ce propos, l'auteur cite des cas pittoresques de procès intentés au 15ème et 16ème siècle contre des animaux nuisibles qui furent bel et bien traduits devant

un tribunal et défendus par un avocat! Ce courant d'idées qui tente de définir la nature comme nouveau sujet de droit est celui de "l'écologie radicale" (Deep ecology). Ce n'est plus l'homme, considéré comme centre du monde, qu'il faut au premier chef protéger contre lui-même, mais le cosmos comme tel qu'on doit défendre contre les hommes.

Cette doctrine qui inspire des mouvements puissants comme "Animal Rights" et "Green Peace", a de nombreuses ramifications philosophiques dont l'exposé constitue la partie centrale du livre. En premier lieu apparaît une critique de la civilisation occidentale avec la remise en cause de nombreux modes de pensée conventionnels qui s'opposent au développement des idées écologiques. Il s'agit par exemple de la tradition judéo-chrétienne, parce qu'elle place l'esprit et la loi au dessus de la nature, et aussi du dualisme platonicien pour la même raison.

Un autre développement provoqué par l'écologie est un antihumanisme qui dénonce l'hostilité humaniste envers les choses non humaines, ce qui expliquerait le caractère destructeur de la civilisation occidentale. Ce thème est repris en particulier dans "Le contrat naturel" de Michel Serres qui serait une sorte d'analogue au contrat social des philosophes du 17^{ème} siècle, mais cette fois non pas entre les hommes mais entre l'humanité et la nature. A ce titre, la Déclaration des droits de l'homme de 1789 est condamnée parce qu'elle ignore et passe sous silence le monde au point d'en faire sa victime. Ces thèses ne sont pas seulement celles de quelques philosophes. Elles émergent dans notre sphère politique : on les trouve en effet explicitement énoncées dans le dernier livre d'Antoine Waechter ("Dessine-moi une planète"), ainsi que dans les chroniques de Green Peace.

Les écologistes radicaux s'opposent aussi vigoureusement au développement incontrôlable de la technique. Par ailleurs, leur attitude en face de la vie peut aller jusqu'à considérer la biosphère comme une entité quasi divine et ils se rapprochent de cette façon du panthéisme de Spinoza. Un retour à la morale objective est également envisagé par les philosophes écologistes comme une conséquence de leurs thèses.

Un contrepois aux tendances de l'écologie radicale pourrait être fourni par la tradition judéo-chrétienne selon laquelle la nature a été créée par Dieu et confiée à l'homme. Dans cette responsabilité de l'homme il y a le fondement d'un certain respect de la nature. De toute façon, l'action de l'homme sur la nature est devenue tellement importante qu'il ne peut être question de l'ignorer. L'écologie doit donc être un sujet majeur de préoccupation pour les responsables politiques, sans toutefois pouvoir fonder le programme d'un parti. La nécessité de plus en plus pressante de résoudre des problèmes pratiques rend très souhaitable que les réflexions des philosophes aboutissent à une doctrine raisonnable qui puisse inspirer

les décisions à prendre. Dans cet esprit, l'auteur propose de définir une "écologie démocratique", mais il ne va pas bien loin dans cette direction et le lecteur risque de se sentir un peu frustré. Mais le livre de Luc Ferry dresse un constat de la situation philosophique de l'écologie qui n'en demeure pas moins tout à fait digne d'intérêt.

M.T.

***La malle de Newton* de Loup Verlet**

Éditions Gallimard, Paris, 1993, 487 pages, 220 FF.

La vente aux enchères en 1936 de manuscrits jusqu'alors inconnus, dont l'auteur est pourtant Newton, donne à L. Verlet l'occasion d'écrire un livre à facettes multiples. On apprend tout d'abord à connaître la personnalité de Newton et de ses interlocuteurs. Une partie importante de l'ouvrage concerne la lutte de Newton pour la "libération" de la science. Le point essentiel nous semble être une réflexion sur la démarche scientifique et sa limitation. De nombreuses références sont faites à la psychanalyse et à la doctrine religieuse. On est frappé par la richesse de la documentation, la détermination de l'auteur, mais on aurait souhaité que ces débats révèlent davantage d'âme.

Dans une première partie, L. Verlet expose le problème de l'autonomie de la démarche scientifique. Le "Journal de Trévoux" fait écho des lettres qui opposèrent Newton aux Jésuites français à ce sujet : Isaac Newton est le premier à avoir débarrassé la science de ces certitudes qui lui sont étrangères. En cela il devance Descartes dont l'objectif est "la certitude intime du sujet pensant"^[1]. Nous devons reconnaître les bénéfices de l'action de Newton. C'est en "repoussant hors champ la question de la cause première des phénomènes" et en traitant des problèmes accessibles à la raison et à l'expérimentation, que la science a pu se développer. En quoi la science est-elle aujourd'hui autonome? L. Verlet affirme que "la clôture de la physique sur elle-même est liée à l'adoption d'une loi langagière qui, prescrivant à la physique d'être mathématique, délimite l'espace du dialogue expérimental".

Pourtant des blocages vont apparaître, et c'est le thème central du livre de L. Verlet : il y a une limitation intrinsèque à notre connaissance de l'univers. L. Verlet détaille les paradoxes du physicien et du psychanalyste qui apparaissent respectivement du fait que le sujet interagit avec l'univers et du fait que le sujet devient objet de recherches.

[1] K. Popper relèvera plus tard la différence entre connaissance subjective et objective.

Pour faire comprendre cette situation, il nous propose l'allégorie du jeune homme dessiné par C. Escher dans le tableau intitulé "La Galerie d'Estampe". Ce jeune homme contemple une estampe représentant la ville dans laquelle il se trouve. Il perçoit alors une frontière entre l'objet (la ville) et la représentation de l'objet (l'estampe), matérialisée par une zone floue. L. Verlet nous démontre longuement le rapport qui existe entre ce cliché et la limitation de la connaissance scientifique.

Le chapitre qui nous a paru le plus intéressant concerne la tentative qu'Isaac Newton a faite pour créer un nouveau langage, susceptible de faire progresser le dialogue entre différents partenaires d'une société. Pour nommer, il faudrait en principe s'appuyer "sur la nature des choses elles-mêmes, qui est la même pour toutes les nations". Or, en pratique on rencontre deux cas extrêmes: ou bien les noms sont justes par nature, ou bien ils sont affaire de convention (Platon). Newton abandonne son projet, parce qu'il a "trouvé dans les mathématiques le moyen de transcrire exactement le texte résultant du dialogue avec la nature". Nous revenons ainsi au point de départ.

L'auteur a fait aussi un travail considérable de référence à la psychanalyse et le lecteur tirera profit du chapitre intitulé "L'institution paradoxale" consacré à l'évolution du cadre de la pensée. Nous apprenons l'existence des trois modes d'opération de l'appareil psychique, dont le dernier est le plus important et le plus difficile à cerner, car il "est au delà du langage". Il symbolise "l'union des contraires" et il est lié aux révolutions scientifiques entraînant une discontinuité de sens. Une phrase surprenante nous apprend que ce même mode est impliqué dans les conversions religieuses, telles que celle du chemin de Damas.

Le livre de L. Verlet relate encore beaucoup d'autres travaux de Newton, en particulier sur l'interprétation qu'il fait du Livre de Daniel.

On ne ressent pas d'engagement religieux de la part de L. Verlet. Mais dans sa conclusion un peu romantique, il tente de faire rejoindre "croyants et incroyants" dans un nouveau Taizé où la discussion nécessaire pourrait se nouer.

G.J.

La clef de Berlin et autres leçons d'un amateur de sciences **de Bruno Latour**

Éditions La Découverte, 1993.

Bruno Latour est professeur à l'École des Mines de Paris. C'est un sociologue et un anthropologue qui a pris pour sujet d'étude les sciences et techniques et le monde des scientifiques. Ce livre est un recueil de

leçons qui "combinent de multiples façons les humains et les non-humains, sans jamais parvenir à cette inhumanité que l'on accordait si facilement naguère aux sciences et techniques, soit pour les louer, soit pour les flétrir". Autrement dit, il souhaite montrer que la science n'est pas désincarnée et que les scientifiques réagissent comme de simples humains dans leur attitude professionnelle. Par exemple, il décrit comment des innovations techniques (les gendarmes couchés, les ceintures de sécurité) sont liées à la morale. Il analyse le comportement de certains scientifiques qu'il a rencontrés. Le chapitre intitulé "Portrait d'un biologiste en capitaliste sauvage" est un petit bijou. J'ai bien aimé aussi son analyse comparative religion/science ou science/art. L'auteur définit deux types de logique : la logique de réseau, valable en science et la logique de procession de laquelle relèverait la religion. Voici quelques exemples tirés d'un tableau synoptique où l'auteur a résumé son analyse : logique de procession = connaissance sans acquis (dans le temps) ; logique de réseau = connaissance cumulative; logique de procession = compatibilité avec le passé; logique de réseau = progrès par élimination; logique de procession → le "gain" est la répétition différente du même message; logique de réseau → le "gain" est dans une nouvelle information... Chacun de ces points mériterait d'être détaillé à la fois pour rendre justice à l'auteur qui les développe sur plusieurs pages et aussi pour pouvoir en faire une analyse critique. D'une manière générale, mon impression est que l'auteur a une attitude positive vis-à-vis de la religion même si cela n'apparaît pas immédiatement à la lecture des quelques exemples cités. Reprenons les un à un. Le message du Christ est le même aujourd'hui qu'il y a deux mille ans : il n'y a pas d'acquis dans le temps. Alors comment pourrait-on signifier ce message au cours de l'histoire? En vérifiant son adéquation avec le monde, à chacune des époques, y compris bien sûr la nôtre, à condition qu'il reste identique à lui-même tel qu'il nous est rapporté par les Écritures. On peut donc effectivement mesurer le succès de l'Église à sa capacité de redire le message du Christ, sans le déformer à des hommes qui ont une mentalité et une culture par exemple de Français de 1994 et non plus de Juifs de l'an 100. Il me semble qu'il serait présomptueux de prétendre que nous vivons mieux le message du Christ en 1994 qu'en l'an 100, même si, du point de vue intellectuel, nous en percevons mieux la profondeur.

En conclusion, il s'agit d'un livre que j'ai trouvé très intéressant parce que le point de vue est neuf. Un petit reproche : certains passages ne sont pas d'une grande limpidité. Mais ce livre vaut vraiment la peine d'être lu.

M. le M.

Les auteurs

Georges ARMAND : Physicien (Orsay)

Philippe AUROY : Ingénieur au CEA (Saclay), physico-chimiste

Olivier de BAYSER : Ingénieur de recherche ENSTA (Palaiseau),
mathématiques appliquées et calcul scientifique

Dominique GRESILLON : Directeur de recherche au CNRS
(Palaiseau), physicien

Georges GUIOL : Ingénieur aéronautique Sextant Avionique,
(Vélizy), aéronautique

Gérard JANNINK : Ingénieur au CEA (Saclay), physicien

Marc le MAIRE : Directeur de recherche au CNRS (Saclay),
biochimiste

Marcelle L'HUILLIER : Enseignant-chercheur à l'Université de
Paris XI (Orsay), physicienne

Bernard SAUGIER : Professeur à l'Université de Paris XI (Orsay),
écologie végétale

Michel TROCHERIS : Retraité du CEA, physicien

La maquette de la couverture a été réalisée par M.O. SAUVEGRAIN

BULLETIN D'ABONNEMENT A *CONNAÎTRE*

Veillez m'abonner pour une durée de 1 an à *CONNAÎTRE* (2 numéros),
au prix de 90 F au lieu de 100 F (prix de vente au numéro).

Abonnement de soutien : 120 F.

Je joins mon règlement (par chèque bancaire ou postal à l'ordre de
"Association Foi et Culture Scientifique")

Somme versée :

Date :

M. Mme. Mlle :

Résidence :

N° Rue :

Commune :

Code postal :

Bulletin à renvoyer à : *Association Foi et Culture Scientifique*
91 av. du Général Leclerc
91190 GIF SUR YVETTE

Achévé d'imprimé au 1er trimestre 1995

Imprimerie COMMODE

Association Yazou Kadirgol

Tél : 91 54 04 18

CONNAÎTRE

*CAHIERS DE L'ASSOCIATION FOI ET CULTURE
SCIENTIFIQUE*

SOMMAIRE

N°2 - Juin 1994

EDITORIAL	1
<hr/>	
<i>Evolution de la biosphère et de la géosphère</i>	2
<i>Marc le MAIRE, Bernard SAUGIER</i>	
<hr/>	
<i>Pourquoi associer foi et culture scientifique ?</i>	32
<i>Gérard JANNINK</i>	
<hr/>	
<i>En passant par l'expérience de l'homme</i>	34
<i>Olivier de BAYSER, Georges GUIOL, Marcelle L'HUILLIER</i>	
<hr/>	
POINT DE REPÈRE	49
<i>Le principe anthropique</i>	<i>Georges ARMAND</i>
<hr/>	
FORUM	62
<hr/>	
NOTES DE LECTURE	67