

**AALS**

Le magazine de l'Académie  
Lorraine des Sciences

Numéro 2 - Janvier 2011

**Mag**

# L'évolution

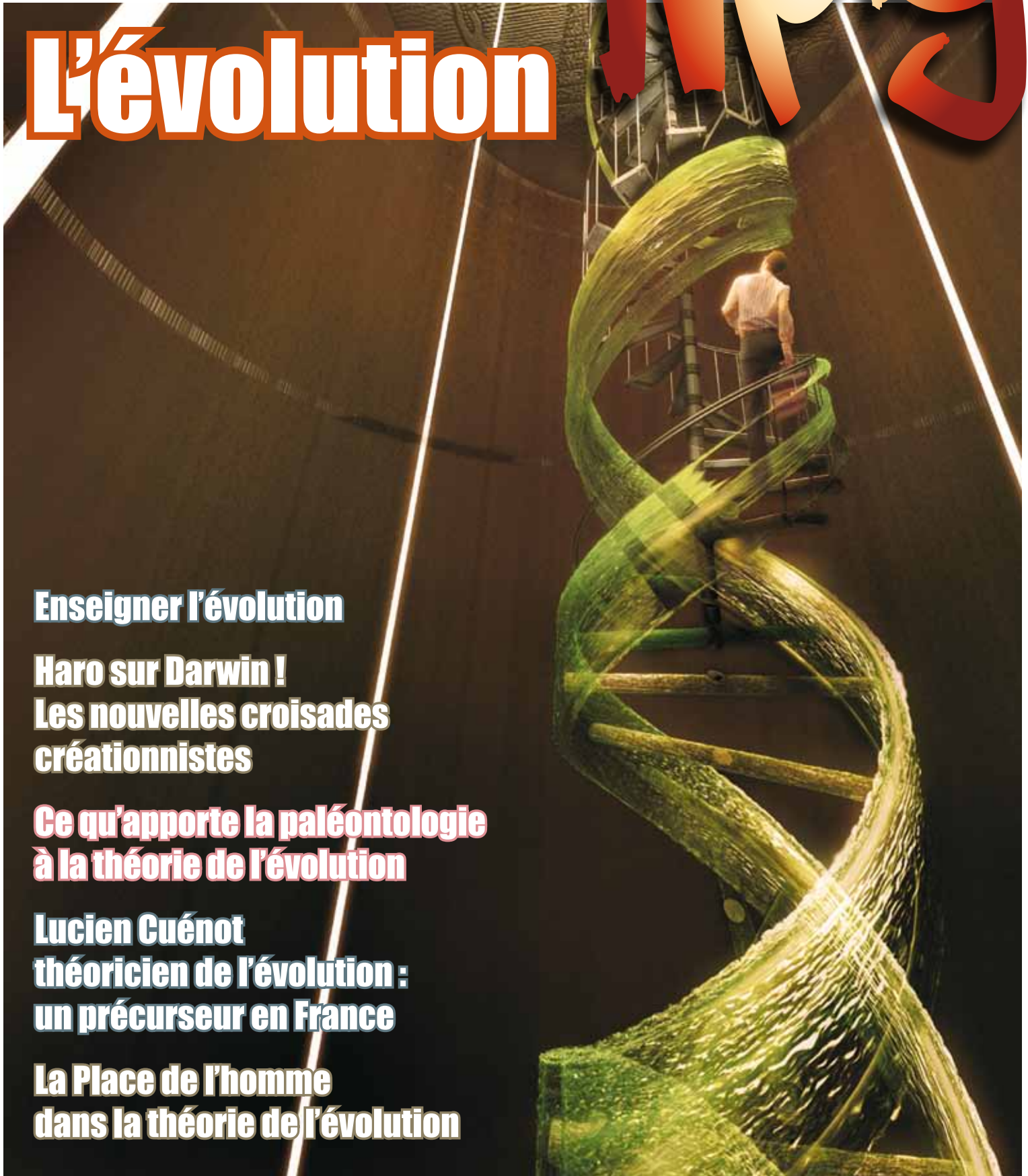
**Enseigner l'évolution**

**Haro sur Darwin !  
Les nouvelles croisades  
créationnistes**

**Ce qu'apporte la paléontologie  
à la théorie de l'évolution**

**Lucien Cuénot  
théoricien de l'évolution :  
un précurseur en France**

**La Place de l'homme  
dans la théorie de l'évolution**



# ALS

Le magazine de l'Académie  
Lorraine des Sciences

# Mag

**« Mettre  
en lumière  
les progrès  
des Sciences,  
aider à leur  
diffusion  
et participer  
ainsi à leur  
rayonnement »**

## Editorial



Dans le cadre de l'année internationale Darwin (2009), à l'occasion du bicentenaire de sa naissance et du 150<sup>ème</sup> anniversaire de la publication de « l'origine des espèces », un colloque s'est tenu le 22 novembre 2009 à l'Hôtel de Ville de Nancy.

Je voudrais exprimer mon grand plaisir d'avoir été invité, pour le deuxième numéro du Magazine de l'Académie Lorraine des Sciences, à faire part aux lecteurs de cette nouvelle et prestigieuse Revue, de quelques-unes des idées et réflexions que m'inspirent la participation du Grand Nancy et celle de la Ville de Nancy à la réussite d'un événement porté par les 3 institutions-partenaires que sont l'ALS, l'Académie de Stanislas et la Section des Sciences de l'Institut-Grand Ducal de Luxembourg.

En décidant, dans le cadre des Célébrations Nationales, de relayer avec la force de leurs convictions, cette opération de novembre 2009, destinée à se pencher sur la vie, l'œuvre, l'héritage, les tenants et les aboutissants de toute la démarche darwinienne, dans sa complexité et sa globalité, nous avons fait œuvre utile pour tenter de mieux comprendre les enjeux d'une pensée scientifique cohérente, agissante et pleinement d'actualité, dont l'Année internationale en 2010, placée sous le signe de la Diversité Biologique, a été le prolongement.

Ainsi, grâce à un travail en synergie caractéristique de l'esprit académique, avec le formidable sens du dépassement de soi des bénévoles et du milieu associatif, ce colloque a-t-il fait date, en raison de la qualité et de la notoriété de ses intervenants, de sa très bonne couverture médiatique, d'un succès populaire dépassant toutes les espérances, mais aussi

parce qu'il donnait, à partir de la compréhension du passé, un certain nombre de pistes, de clefs et de repères nécessaires pour éclairer des débats contemporains.

En effet, face aux tentatives plus ou moins larvées ou affichées relatives à la remise en cause, à la minimisation ou la contestation même de la portée des enseignements de DARWIN, en Europe même, aux Etats-Unis ou en Asie - au nom d'un certain nombre de croyances, de pré-supposés, de clichés ou d'idées reçues - il était, à ce moment-là, capital de réaffirmer la pertinence des raisonnements et observations tirés de l'expérience par DARWIN, à partir de ses voyages et enquêtes de terrain.

Patrie de Lucien CUENOT, Nancy s'est toujours efforcée, à l'époque de la Renaissance, durant le Siècle des Lumières et au cours des Années Art Nouveau, de réaliser une synthèse entre art, sciences et industrie, avec un subtil équilibre entre tradition et modernité, favorisant l'esprit de création et d'innovation à travers la fidélité à des valeurs d'ouverture, de tolérance et d'humanisme sans lesquelles il ne saurait y avoir de progrès majeur digne de ce nom dans la pensée.

C'est donc en cohérence avec cette forte conviction partagée autour de la diffusion de la culture scientifique et technique que le Grand Nancy, soucieux de promouvoir notre appartenance à des réseaux d'excellence, a entendu apporter son soutien à ce beau projet, alors même que l'émergence de l'économie de la connaissance apparaît comme une dimension plus indispensable que jamais pour, avec l'aide des nouveaux moyens d'information et de communication, atténuer et humaniser la mondialisation.

**André Rossinot**

*Président de la Communauté urbaine du Grand Nancy, Maire de Nancy, ancien Ministre*

● Directrice de la Publication : Colette Keller-Didier ● Comité éditorial : Bernard Poty, Dominique Dubaux. ● Suivi rédactionnel, interviews : Valéry Dubois & Christophe Hanesse / Image Clé ● Création graphique : Denis Mattioli / Studio Tapage ● Crédit photos : fotolia / Image Clé ● Impression : TanghePrinting ● Contact : als@uhp-nancy.fr ● Site : <http://www.als.uhp-nancy.fr> ● ISSN 1635-8597



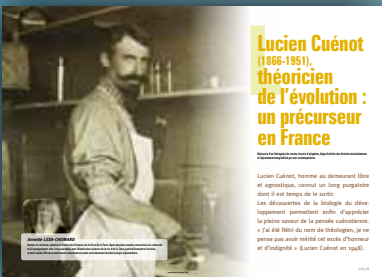
**P.04** Article de **Bernard LATHUILLIERE**  
**Enseigner l'évolution**



**P.08** Article de **Jacques ARNOULD**  
**Haro sur Darwin ! Les nouvelles croisades créationnistes**



**P.14** Article de **Jean CHALINE**  
**Ce qu'apporte la paléontologie à la théorie de l'évolution**



**P.24** Article de **Annette LEXA-CHOMARD**  
**Lucien Cuénot, théoricien de l'évolution : un précurseur en France**



**P.32** Article de **Yves COPPENS**  
**La Place de l'homme dans la théorie de l'évolution**

re  
 a  
 m  
 s



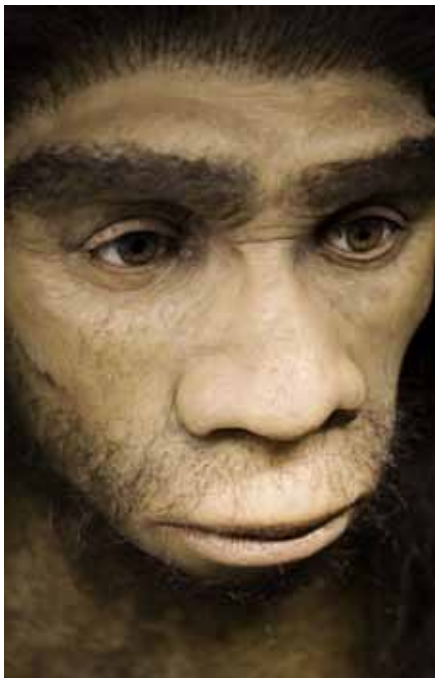


### **Bernard LATHUILIERE**

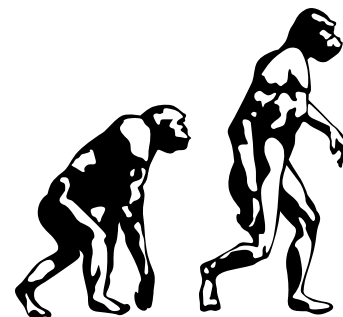
Bernard Lathuilière est professeur à Nancy Université. Il enseigne la paléontologie à la Faculté des Sciences et Technologies depuis 1983. Il est intégré au laboratoire du CNRS UMR 7566 Géologie et gestion des ressources minérales et énergétiques où il réalise des recherches en paléoécologie. Ayant acquis une expertise dans le domaine des coraux et des récifs du Jurassique, il participe aujourd'hui à la révision du Treatise on invertebrate paleontology, ouvrage de référence international, comme coordinateur pour la partie coraux jurassiques ([corallosphere.org](http://corallosphere.org) <<http://corallosphere.org>>).

# Enseigner l'évolution

Il y a quelques années, quand je tapais sur mon traitement de texte le mot « créationnisme », le correcteur orthographique me retournait : « crétinisme ». La facétie était amusante. Aujourd'hui le dictionnaire du logiciel s'est enrichi du mot « créationnisme ». Aujourd'hui aussi, si je tape « évolution » sur mon moteur de recherche, en cinquième position arrive un site de Harun Yaya intitulé « le mensonge de l'évolution »... C'est beaucoup moins drôle !



# La montée du créationnisme



Ce sont là quelques signes des temps qui portent le paléontologue à la mélancolie. Le travail des activistes créationnistes commence à payer, ce qui ressemblait à une plaisanterie commence à montrer les couleurs de la menace. Pour preuve, ce questionnaire anonyme diffusé de 2005 à 2008 auprès de 1134 étudiants en première année de licence de biologie de l'université d'Orsay. Les réponses montraient que 12% des étudiants refusaient de placer l'homme dans le règne animal, que plus de 9% récusait que toutes les espèces vivantes connues aient eu un ancêtre commun et que près de 12% ne concevaient pas que plusieurs espèces d'hommes aient pu coexister. De même, l'enquête du projet de recherche européen Biohead-citizen qui interrogeait 7050 enseignants (primaire, secondaire, biologie et lettres) dans 19 pays, évaluait entre 2 et 3% le nombre des créationnistes radicaux en France. On peut espérer que la proportion frôle le zéro pour les professeurs de Sciences de la Vie et de la Terre... Dans d'autres pays il en va tout autrement, la proportion atteignait par exemple 62% au Liban. En dépit de l'enquête d'Orsay, en 27 ans d'enseignement à l'université de Nancy, je n'ai jamais vu d'opposition frontale à mon enseignement d'évolution, juste quelques très rares affleurements discrets, des interrogations personnelles manifestement liées à des contextes religieux bien repérables. Ici, un ouvrage des témoins de Jéhovah dans les affaires d'un thésard malgache, là une discussion ouverte avec un étudiant de 1ère année, adepte de Raël ou encore cet échange confiant avec

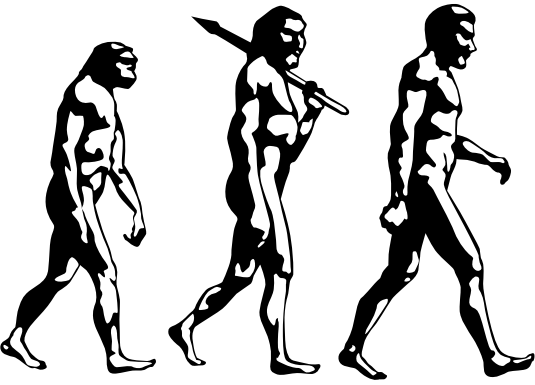
une étudiante musulmane en proie à des questionnements douloureux. A l'université, le créationnisme fait encore largement sourire. Dans les écoles secondaires, la menace créationniste est plus palpable et elle se trouve le plus souvent exacerbée par des revendications identitaires sociologiquement liées à la culture islamique. Il est bien clair que des enseignants mal préparés auront à souffrir de situations conflictuelles liées à ces réactions identitaires.

Mais la plus grande menace qui pèse sur cette lumineuse idée d'évolution et son enseignement à l'université ne semble pas venir de ces créationnistes bien peu convaincants, fussent-ils amplement aidés et financés. Ce qui est plus inquiétant c'est la dérive de nos formations vers des enseignements utilitaristes, trop étroitement liés aux objectifs économiques de la société toute entière, du dirigeant politique à l'étudiant en passant par l'enseignant. Le temps de l'université, temple de la culture s'estompe... celui de la clientèle s'annonce. Nous avons maintenant derrière nous des décennies d'obsession du chômage. Comment ne pas comprendre ce désir de fournir à nos jeunes une place dans notre fonctionnement économique ? Mais pourquoi oublier que l'emploi n'est pas l'unique façon de faire société ? Comment ne pas voir que ce grand récit de notre histoire commune qu'est l'évolution a quelque chose d'universel et de fédérateur face aux grands défis écologiques de notre planète. Nous souffrons tous d'avoir le nez dans le guidon, mobilisant des énergies considérables sur des objectifs à court terme, nos formations ont parfois quelque chose de lilliputien... On peut devenir ingénieur géologue sans avoir fait une heure de paléontologie... On peut devenir docteur en géologie sans avoir jamais fait une heure d'histoire ou de philosophie de sa propre discipline... et je doute que ce soit très différent dans les autres branches de l'enseignement

universitaire. Il y a tellement de choses utiles à connaître pour faire un bon professionnel ! Les parcours suivis par les futurs professeurs en SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) de nos écoles secondaires ne sont pas encore trop touchés par ces dérives, les objectifs à court terme de nature économique y sont plutôt remplacés par ceux du concours... Ces étudiants font partie des rares populations qui suivent réellement une formation aux sciences de l'évolution. C'est pour eux, qui ont à transmettre les richesses de la culture évolutionniste, que se pose la question du contenu des enseignements.

A mon sens, un enseignement universitaire sur l'évolution devrait être suffisamment fourni pour que les futurs enseignants soient en mesure de faire face à la complexité du sujet. Les disciplines impliquées dans le sujet sont si nombreuses qu'on peut difficilement recevoir cet enseignement d'une seule bouche. Des sciences de la vie aux sciences de la terre, l'éclatement des disciplines en multiples spécialités rend le recul aussi difficile que nécessaire. Malheureusement la dernière réforme du master conduit dans nos disciplines à réduire de près d'un an la formation disciplinaire de nos futurs enseignants, ce qui rend l'équation difficile à résoudre.

Un enseignement universitaire sur l'évolution devrait faire une part à l'histoire des sciences. Nos étudiants devraient percevoir qu'on ne peut plus débattre de la même façon aujourd'hui qu'en 1859, année où paraissait « l'origine des espèces » de Charles Darwin, il faut avoir intégré tous les progrès que représentent en leur temps le lamarckisme, le darwinisme, le néodarwinisme, la théorie synthétique et la synthèse évo-dévo. Il arrive encore que les journalistes nous refassent le débat qui n'a jamais existé entre Darwin et Lamarck mais les progrès des sciences de l'évolution depuis les années cinquante sont bien réels et doivent être perçus.



Même si l'on a encore un peu de mal à croire à ces progrès quand on prête attention aux commentaires des documentaires animaliers...

Mais un enseignement universitaire sur l'évolution devrait aussi faire une part à l'épistémologie (Qu'est ce que la connaissance ? Comment est-elle engendrée ? Comment apprécier sa valeur ?). Nos futurs enseignants devraient maîtriser ce qui fait la différence entre une science, une pseudoscience, une opinion. Ils seraient par exemple mieux armés pour juger de la théorie du dessein intelligent. Ils devraient mieux cerner le statut épistémologique des approches théologiques et les différents types de relation aux écritures qui sous tendent les positionnements théologiques. Ils devraient se situer par rapport aux différentes conceptions extrêmes du relativisme et du scientisme. Ils devraient repérer un peu la «géographie» des différentes positions métaphysiques adoptées sciemment ou non par les uns et par les autres. Munis de quelques bases philosophiques, ils seraient plus à même de faire face aux questions qui leur sont posées, de reconnaître leur nature scientifique ou métaphysique et d'y répondre en conséquence.

Un enseignement universitaire sur l'évolution ne devrait pas se faire en portant des étendards à la gloire ou au déshonneur de Darwin et du darwinisme. Le respect bien naturel que suscite cet immense scientifique à qui a lu son œuvre, tourne parfois à l'hagiographie, voire à un certain dogmatisme. Le plus bel hommage que nous puissions rendre à Darwin c'est peut être de faire humblement notre travail de la façon la plus rationnelle possible comme lui l'a fait, honnêtement, en laissant ouvertes les questions qui le méritent. Les mécaniciens ne font pas du newtonisme ou de l'anti-newtonisme ils font de la mécanique. Faisons des sciences de l'évolution ! ■

# Rencontre avec Bernard Lathuilière

Propos recueillis par  
Valéry DUBOIS / Image Clé

Professeur de paléontologie à Nancy Université



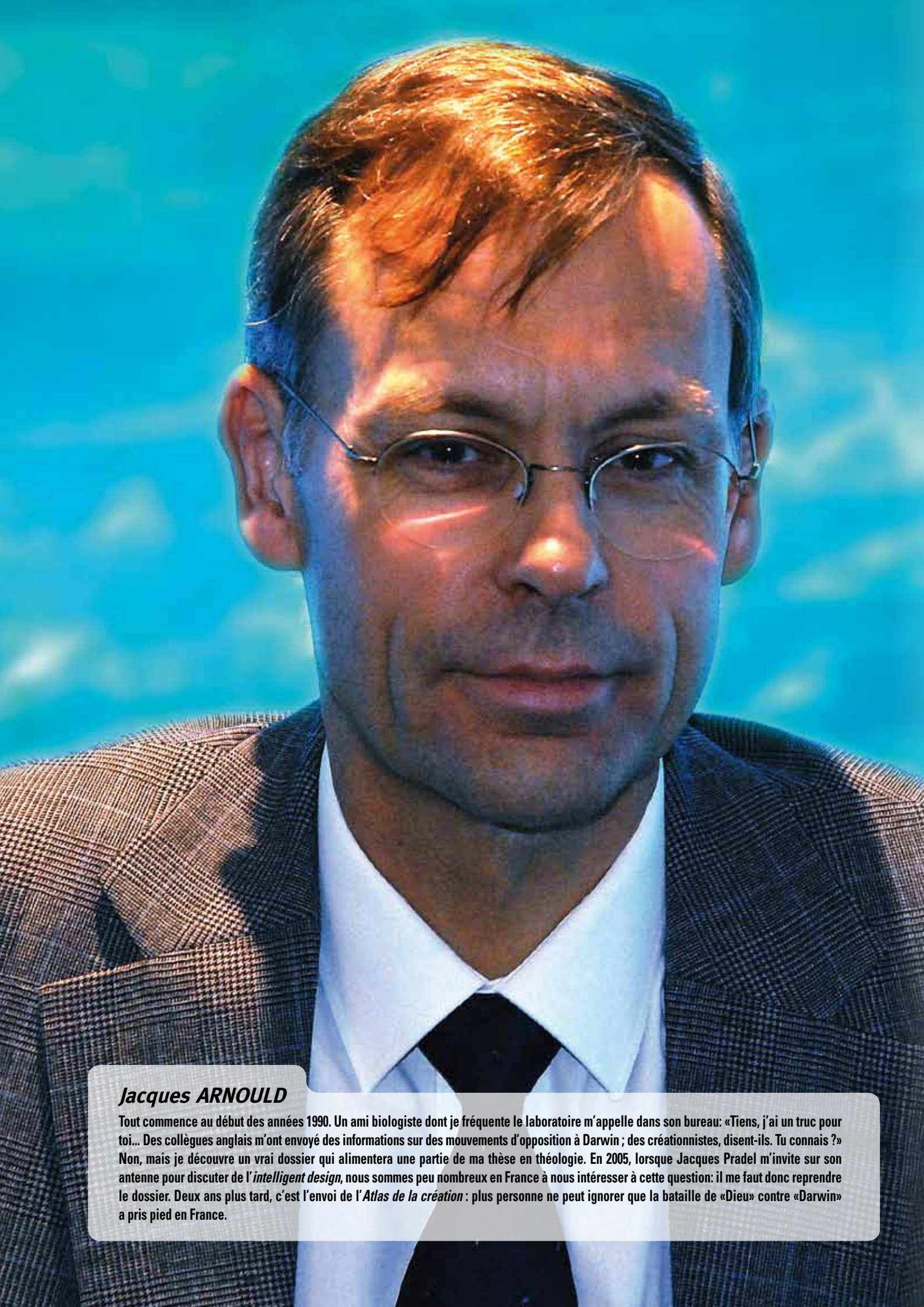
Valéry Dubois : Bernard LATHUILIERE, l'enseignement de l'évolution se fait dans les salles de cours mais passe beaucoup également par les images de la télévision ou du cinéma. Vous semblez avoir quelques difficultés avec les documentaires animaliers, pour quelles raisons ?

**Bernard LATHUILIERE :** Parce qu'on entend de tout ! Avec des commentaires qui nous disent que tel animal dispose de telle adaptation pour faire ceci ou mieux faire cela. Ce sont évidemment des formules de style mais qui induisent le spectateur en erreur en se fondant sur des concepts parfaitement dépassés. Les commentateurs ignorent aussi souvent les évolutions de la cladistique (classification des êtres vivants). La façon que nous avons de construire les arbres phylétiques (qui présentent une série généalogique biologique) depuis les années 50 a complètement changé notre façon de voir ces groupes. Il y avait auparavant des groupes qu'on disait évolués et d'autres qu'on décrivait comme primitifs, des appréciations qui étaient très « chargées » sur le plan idéologique. Et cette façon de distinguer les animaux a persisté de façon incroyable. On ne peut pas vous présenter un reptile, tel un crocodile, sans vous expliquer que c'est un monstre surgi de la préhistoire. Même chose concernant les requins. Alors que tous ces animaux ont évolué considérablement depuis les temps anciens. Il y a donc manifestement la persistance d'idées fausses qui véhiculent toujours l'idée que nous sommes au sommet de la création. Seuls les caractères peuvent être évolués ou ancestraux mais pas un groupe en son entier, ça n'a pas de sens.

Valéry Dubois : Cela dit, il est parfois agréable d'être dans le réconfort d'une vérité absolue. Le créationnisme offre des valeurs solides avec des vérités toutes faites, prêtes à l'emploi. Que peut la science face à cette concurrence ?

**Bernard LATHUILIERE :** Les gens doivent comprendre que la science est une démarche qui fonctionne par tâtonnements. Les scientifiques ne détiennent pas la vérité. C'est une vérité qui se construit. Si on comprend ça, si on comprend comment fonctionne la science, on progresse réellement. Entrer dans la démarche scientifique peut s'avérer déstabilisant car on est souvent obligé de remettre en cause ses acquis. Mais l'histoire montre qu'on aurait tort de se priver de cette lumière. Les créationnistes, de leur côté, sont des activistes qui disposent d'importants moyens financiers. Ils font du bruit, peuvent financer des musées, dont certains qui se montent à présent en Europe mais leurs arguments ne tiennent pas un instant. Dans la sphère du monde scientifique, je n'ai jamais vu personne faire un exposé créationniste, par exemple, dans un congrès de paléontologie. Le retour, au niveau du master, de cours consacrés à l'histoire des sciences et à la philosophie des sciences est, dans ce contexte, une excellente nouvelle.





**Jacques ARNOULD**

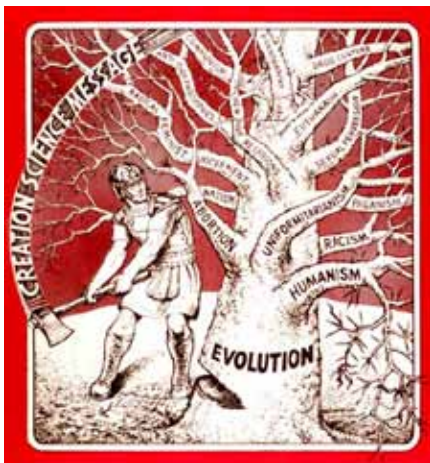
Tout commence au début des années 1990. Un ami biologiste dont je fréquente le laboratoire m'appelle dans son bureau: «Tiens, j'ai un truc pour toi... Des collègues anglais m'ont envoyé des informations sur des mouvements d'opposition à Darwin; des créationnistes, disent-ils. Tu connais?» Non, mais je découvre un vrai dossier qui alimentera une partie de ma thèse en théologie. En 2005, lorsque Jacques Pradel m'invite sur son antenne pour discuter de l'*intelligent design*, nous sommes peu nombreux en France à nous intéresser à cette question: il me faut donc reprendre le dossier. Deux ans plus tard, c'est l'envoi de l'*Atlas de la création*: plus personne ne peut ignorer que la bataille de «Dieu» contre «Darwin» a pris pied en France.



# Haro sur Darwin ! Les nouvelles croisades créationnistes

**Jacques Arnould** : Historien des sciences et théologien, il est également chargé des questions éthiques au Centre National d'Etudes Spatiales.

L'opposition à l'idée d'évolution et aux théories élaborées et héritées de Charles Darwin n'est plus l'apanage des Etats-Unis. Depuis quelques années, « récupéré » principalement par les fondamentalistes musulmans, ce courant a débarqué en Europe où il s'en prend à l'enseignement des sciences de la vie. Au-delà des réponses immédiates que les responsables pédagogiques, scientifiques et politiques doivent donner à ces revendications et ces croisades, il convient sans doute de prendre au sérieux les enjeux philosophiques des découvertes scientifiques actuelles.



La France doit désormais tenir compte, politiquement parlant, de ces mouvements créationnistes.

« Les derniers dinosaures ont été tués par les chevaliers, au Moyen Âge ; à l'époque, on les appelait les dragons. »

(un visiteur du musée créationniste de Cincinnati)



(1) : Le 21 juillet 1925, John T. Scopes est condamné par le tribunal de Dayton, dans l'Etat du Tennessee, pour avoir enseigné le darwinisme à ses élèves, contrevenant ainsi à une loi promulguée dans cet Etat, comme dans plusieurs autres Etats du Sud...

## Deux poussées de fièvre créationniste



Ceux auxquels la seule évocation du nom de Charles Darwin fait hérissier les poils qu'ils ont en commun avec les singes ne manquent pas, depuis quelques mois, de raisons de se réjouir. Fin janvier 2007, les directeurs de très nombreux établissements scolaires français ainsi que leurs centres de documentations, des responsables de laboratoires et d'universités, des journalistes, des militaires et même des évêques reçoivent par courrier un énorme ouvrage (770 pages pour un poids de 7 kilos), intitulé : *L'Atlas de la Création*, rédigé par un certain Harun Yahya et envoyé depuis la Turquie ou l'Allemagne. La couverture est épaisse et violemment colorée, le papier glacé, les photographies extrêmement nombreuses. Le message en est clair : « chaque découverte de fossiles constitue une réfutation du darwinisme et les caractéristiques de ces fossiles prouvent que les espèces n'ont jamais changé. Dans ce livre vous pourrez observer quelques spécimens de fossiles qui vont à l'encontre des thèses darwinistes sur l'origine de la vie, et vous pourrez constater la chute éminente de la théorie de l'évolution. » (Extrait de la fiche de présentation). Ainsi, Dieu soit loué, « nous ne sommes pas les fruits d'une évolution ; nous avons été créés ». Et, aux lecteurs qui resteraient sceptiques, il suffit de prendre conscience des suites désastreuses de l'intrusion, dans le monde occidental, des idées élaborées par Darwin, véritable ennemi public n° 1 qui prend place aux côtés de Hitler et Pol Pot. Si nombreux sont les conflits, guerres, attentats, jusqu'aux événements du 11 septembre 2001, dont les auteurs sont bel et bien les fils de Darwin !

L'envoi de l'Atlas ne passe pas inaperçu ; le ministre de l'Education a la bonne idée d'en limiter la publicité et d'en offrir aux enseignants, aussi rapidement que possible, une analyse critique.

Début 2008, un deuxième volume est envoyé : même taille, même poids, même contenu. Au total, sept sont annoncés : la promesse sera-t-elle tenue ?

Début juillet 2007, c'est un musée créationniste qui ouvre ses portes dans l'état de l'Ohio aux

Etats-Unis, près de l'aéroport de Cincinnati. Véritable parc à thèmes qui aurait coûté environ vingt-cinq millions de dollars, il a pour objectif de proposer « une merveilleuse alternative aux musées d'histoire naturelle » accusés d'orienter les esprits « contre l'Evangile du Christ et l'autorité des Ecritures », et de « proclamer au monde que la Bible est l'autorité suprême dans tous les domaines de la foi et de la pratique ainsi que pour tout ce qui en dépend ».

Une quarantaine d'attractions ou de mises en scène évoquent les principaux épisodes bibliques qui mettent en question les affirmations évolutionnistes : les créations d'Adam et d'Eve, la construction de l'arche par Noé, le Déluge, etc. « Préparez-vous à croire », prévient la brochure de présentation de ce musée. L'un des premiers visiteurs, interrogé sur l'idée que les dinosaures et les hommes aient pu coexister, voire cohabiter, répond : « C'est évident. D'ailleurs, les derniers dinosaures ont été tués par les chevaliers, au Moyen Âge ; à l'époque, on les appelait les dragons. » C.Q.F.D.

Ces deux événements semblent contredire ceux qui pouvaient penser que le créationnisme à l'ancienne et le créationnisme moderne étaient dépassés. Le créationnisme à l'ancienne, celui du début du XXe siècle qui défendait avant tout et coûte que coûte la Bible, la vérité qu'elle contient, y compris scientifique et dont la grande victoire a été le procès du singe de juillet 1925<sup>(1)</sup>. Et le créationnisme moderne, celui du milieu du XXe siècle qui proposait une science de la création s'appuyant sur la Bible. Pas vraiment dépassées non plus les querelles de sacristie et d'arrière-cour de patronage dans lesquelles certaines Eglises américaines avaient fini par perdre, c'est ce que je pensais, un peu de leur âme et surtout de leur crédit dans l'opinion publique. Le temps n'était-il pas arrivé de mettre au rebut ces histoires d'arche de Noé sur le point d'être retrouvée, de Déluge reconstitué dans une éprouvette ou encore de traces d'êtres humains courant le marathon à côté de dinosaures ? N'étaient-elles pas oubliées, ces chronologies bricolées pour mieux faire « concorder » les récits bibliques de la Genèse avec les ères géologiques ou les arbres de la systématique ? Eh bien non, nous nous trompons. ■

# Le courant de l'*intelligent design* : un créationnisme plus subtil



La société française est restée longtemps peu informée et peu curieuse de la cuisine pseudo-scientifique et religieuse des créationnistes américains ; le nombre de publications en langue française sur ce thème est particulièrement faible avant 2007. Elle s'est apparemment plus rapidement intéressée à un mouvement que les médias ont rapidement qualifié de « néocréationnisme », au grand dam d'ailleurs de ses partisans. Ceux-ci, en effet, récusent l'idée religieuse d'une création divine pour défendre celle de la présence, au cœur de la réalité et de son devenir (car l'évolution y est acceptée), d'un *intelligent design* (d'où l'acronyme américain d'I.D.), d'une intelligence supérieure, d'un dessein intelligent. Comment des systèmes aussi complexes que ceux qui forment les organismes vivants seraient-ils le fruit d'une évolution soumise au seul hasard ? Il faut nécessairement, prétendent-ils, y voir l'intervention d'un facteur non naturel, d'une intelligence étrangère aux facteurs habituellement pris en compte par les scientifiques. A priori dénué de toute revendication religieuse, le courant de l'I.D. ne peut pas manquer de susciter intérêts divers, réactions passionnées, débats alimentés : ne remet-il pas sur le devant de la scène scientifique la question de la finalité en la science ? Nous le savons, la science moderne s'est fondée sur le rejet de toute idée de cause finale ; le mot de Laplace à Napoléon qui lui demandait pourquoi Dieu était absent de son

Système du monde est célèbre : « Sire, je n'ai pas besoin de cette hypothèse ». Pourtant, Claude Bernard, Jacques Monod et d'autres biologistes après eux se sont interrogés sur la possibilité d'exclure toute idée de finalité en biologie, sans pour cela revenir à une vision téléologique<sup>(2)</sup>.

C'est donc sur le terrain d'une question scientifiquement et philosophiquement disputée que cherche à intervenir l'I.D., mais d'une manière, à bien y regarder, qui n'est neutre ni religieusement, ni politiquement. L'une de ses principales institutions, le Centre pour la Science et la Culture, propose, dès 1999, un véritable programme d'action ; il part du constat suivant : « L'idée que l'être humain a été créé à l'image de Dieu est l'un des principes fondateurs de la civilisation occidentale. On peut discerner son influence dans la plupart, sinon dans toutes les grandes réussites de l'Occident, parmi lesquelles la démocratie représentative, les droits de l'Homme, la liberté d'entreprendre et les progrès des arts et des sciences. Pourtant, voici un peu plus d'un siècle, cette notion cruciale a été attaquée de toutes parts par des intellectuels qui s'appuyaient sur les découvertes scientifiques ». Et ce fut, déplorent les auteurs de ce manifeste, le triomphe du matérialisme. Le Centre se donne pour objectif de montrer, en particulier aux décideurs politiques, qu'« il y a une vie après le matérialisme » et, pour ce faire, élabore une stratégie afin d'installer

un renouveau culturel ; les objectifs sont clairs : « Faire échec au matérialisme scientifique et à son héritage destructeur sur les plans moral, culturel et politique. Remplacer les explications matérialistes par la vision théiste qui veut que la nature et les êtres humains ont été créés par Dieu ». Autrement dit, une partie au moins du courant de l'I.D. est soutenue par des convictions et un projet clairement religieux. Avec l'*intelligent design*, sommes-nous en présence d'une véritable nouvelle science, comme le prétendent ses partisans ?

Je ne le crois pas : pour s'en convaincre, il suffit de lire la prose I.D. sur les sites qui lui sont dédiés, de constater quel esprit de croisade l'anime, les a priori religieux et idéologiques qu'elle véhicule. Et de constater qu'aucune véritable découverte scientifique n'a pu être faite grâce à cette perspective. Il y a donc bien des raisons de soupçonner le loup fondamentaliste des créationnistes de se cacher sous l'honorable peau de mouton de l'I.D. Fin 2005, à Dover, à l'ouest de Philadelphie, des parents intentent un procès contre l'établissement scolaire où se trouvent leurs enfants et où l'idée d'*intelligent design* est enseignée à l'égal de celle de l'évolution de type darwinien. Au terme du procès, le juge déclare qu'« il est anticonstitutionnel d'enseigner le dessein intelligent comme une alternative à l'évolution dans une classe de sciences d'une école publique » ; il ajoute que ce courant est « indissociable de ses antécédents créationnistes et donc religieux », « rien d'autre que de la progéniture du créationnisme ». La réaction du pasteur évangélique Pat Robertson est immédiate : « S'il y a une catastrophe dans votre région, inutile de vous tourner vers Dieu. Vous venez juste de le rejeter de votre ville ! Dieu est tolérant, mais il ne faut pas exagérer. Si les habitants de Dover ont des problèmes, ils n'auront qu'à appeler Charles Darwin. Il pourra peut-être les aider. » ■

(2) « Le physicien et le chimiste, écrit-il, peuvent repousser toute idée de causes finales dans les faits qu'ils observent ; tandis que le physiologiste est porté à admettre une finalité harmonique et préétablie dans le corps organisé dont toutes les actions partielles sont solidaires et génératrices les unes des autres. » (Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865) ; Jacques Monod, de son côté, parle des « objets doués d'un projet qu'à la fois ils représentent dans leurs structures et accomplissent par leurs performances », tout en précisant que « la biosphère ne contient pas une classe prévisible d'objets ou de phénomènes, mais constitue un événement particulier, compatible certes avec les premiers principes, mais non déductibles de ces principes. Donc essentiellement imprévisible » (*Le hasard et la nécessité*, 1970).

# Au-delà des faits d'armes, de nécessaires débats

Les Français pourraient regarder d'un œil un peu goguenard ces débats et se demander quand nous arrivera des USA, après le créationnisme et le néo-crétionnisme, le post-crétionnisme ou une autre forme « relookée » de créationnisme.



Notre société française laïque doit-elle vraiment prendre au sérieux ces controverses, culturellement si marquées ? Malheureusement, oui. Si aucun projet de musée créationniste ne paraît menacer notre territoire, l'envoi de *L'Atlas de la Création* a lourdement et clairement montré que la France doit désormais tenir compte, politiquement parlant, de ces mouvements créationnistes. Il n'est évidemment pas question de se faire peur, ni d'entamer une quelconque chasse aux sorcières ; la réaction des pouvoirs politiques, en janvier 2007, a sous cet angle été exemplaire ; il en est de même des initiatives académiques visant non pas tant à condamner, voire à dénoncer qu'à offrir les outils et les informations nécessaires à une meilleure compréhension des questions et des enjeux en cause.

Les philosophes et les théologiens doivent eux prendre au sérieux ces mouvements qui ne se réduisent ni ne se résolvent dans le seul recours aux principes de la laïcité. À côté des questions liées au statut des textes saints et de leurs traditions théologiques respectives,

qui appartiennent surtout aux courants créationnistes les plus anciens, l'I.D. remet au goût du jour l'antique champ de la théologie naturelle. Autrement dit de la question disputée suivante : est-il possible d'en savoir plus sur Dieu et son éventuelle existence, en contemplant, en étudiant la nature ? C'est là une question héritée de la philosophie grecque et de son projet de se détacher des mythes cosmogoniques et de leurs a priori. Comme le souligne le philosophe Pierre Fruchon, la théologie naturelle a pour principe que le monde est pensable sans Dieu, mais non sans la question de Dieu. Je la crois d'un réel secours à une époque marquée par une extraordinaire croissance de la connaissance et de la recherche scientifique, non seulement pratiques, mais aussi théoriques. Les interrogations qu'une telle situation nous impose sont nombreuses. Je ne crois absolument pas en l'efficacité des latest scientific evidences de l'existence d'un Créateur, défendues par Michael Denton, un biologiste très prisé des partisans de l'I.D. Je crois davantage en une démarche analogue à celle mise en œuvre par André Comte-Sponville dans *L'Esprit de l'athéisme* qui respecte l'être humain dans la diversité de ses interrogations et de ses convictions, de ses peurs et de ses atteintes. ■

## Références :

- ▶ Jacques Arnould, *Dieu versus Darwin. Les créationnistes vont-ils triompher de la science ?*, Paris, Albin Michel, 2007.
- ▶ Fernand Comte, *Dieu ou Darwin ? Le débat sur les origines de l'homme*, Paris, J.C. Lattès, 2008.
- ▶ Dominique Lecourt, *L'Amérique entre la Bible et Darwin*, Paris, P.U.F. (Science, histoire et société), 1992.
- ▶ Thomas Lepeltier, *Darwin hérétique. Le retour du créationnisme*, Paris, Seuil, 2007.
- ▶ Pascal Picq, *Lucy et l'obscurantisme*, Paris, Odile Jacob, 2007.

# Pour une approche philosophique de la biologie

Dans de nombreux discours religieux et scientifiques, apparaît la prétention à posséder la réponse unique et définitive à l'antique interrogation de l'esprit humain, celle de son origine. Alors que le développement des sciences et des techniques paraît plus que jamais amener l'homme à reconnaître, après Jacques Monod, « qu'il est seul dans l'immensité indifférente de l'Univers d'où il a émergé par hasard. Non plus que son destin, son devoir n'est écrit nulle part. À lui de choisir entre le Royaume et les ténèbres (*Le hasard et la nécessité*) », les sociétés occidentales ne se contentent plus de la séparation, héritée de l'époque moderne, entre le « pourquoi ? », réservé à la religion, et le « comment ? », réservé à la science. Pas plus d'ailleurs que de décisions de justice qui entérinent une telle séparation. Au-delà des dérives dogmatiques, intégristes ou réductionnistes, les enjeux auxquels science et religion ne peuvent échapper et qui transparaissent dans les controverses entre créationnisme et évolutionnisme relèvent en fin de compte des deux registres suivants : d'une part, celui de l'épistémologie et de la philosophie (quelle place est accordée aux questions du temps et de l'histoire, du sens et de la contingence ?), d'autre part, celui de l'éthique et du politique (que sont devenus aujourd'hui les concepts de vérité et d'autorité ?). Comment les sociétés humaines parviennent-elles à articuler ces deux champs avec ceux de la philosophie ou de l'art, pour se construire et répondre, certes partiellement mais du moins honnêtement, à leur quête de l'identité de l'homme, de son origine, de sa destinée ? Une quête bien plus difficile, mais bien plus passionnante que celle de l'arche perdue de Noé, dont le terme ne peut être l'objet d'aucune certitude, mais seulement d'épreuve et de choix. André Malraux, après et avant tant d'autres, l'a rappelé : « telle est la condition humaine ». ■



# Rencontre avec Jacques Arnould

Propos recueillis par  
Christophe Hanesse

Historien des sciences, théologien et chargé des questions éthiques au Centre national d'études spatiales.

**Christophe Hanesse :** Historiquement, la religion est souvent allée à l'encontre des théories de Darwin...

**Jacques Arnould :** En Occident, l'image du singe est extrêmement négative. Ne dit-on pas « Malin comme un singe » ? Or, le terme « malin » fait souvent référence au diable, à la lubricité. Le porte-parole de la théorie de Darwin n'est donc qu'un vulgaire singe. Il y a bien un passif très lourd. Jusqu'en 1950, l'Eglise catholique est très réticente face aux idées liées à la théorie de Darwin. Ensuite, les choses changent un peu, les condamnations se font moins sévères. L'année dernière, à Rome, Yves Coppens, moi-même et d'autres scientifiques avons été invités par l'Université Pontificale Grégorienne à nous exprimer lors d'un colloque consacré à Darwin : nous pouvons y voir un symbole d'ouverture... même si les actes ne seront sans doute jamais publiés. Il y a un malaise persistant. L'Eglise catholique n'est pas bien à l'aise avec les sciences, qu'elle assimile toujours à un danger. Tout savoir est une forme de pouvoir, alors comment gérer ces pouvoirs ? On peut tout à fait comprendre ces enjeux en regardant certaines prises de position, même très récentes de certaines autorités : la prise de position de Benoît XVI, à propos du préservatif, a sans nul doute une raison politique.

**C. H. :** Pourquoi est-il important d'amener le débat entre créationnisme et darwinisme sur le devant de la scène ?

**J. A. :** J'ai souvent été invité à parler du créationnisme, lors de conférences. Ce qui m'a frappé, c'est qu'on me reproche souvent de ne pas aborder les questions importantes : d'où vient l'homme, qui sommes-nous?... alors que ce n'est pas le sujet annoncé ! De fait, derrière ce débat, il y a surtout la question de l'identité humaine, de son origine, de son commencement. On a trop longtemps ignoré en France la question du créationnisme.

*On avait laissé une espèce de quiproquo se diffuser sans y prêter attention et les enseignants se sont donc sentis démunis, car ils n'avaient pas la formation pour répondre aux questions des élèves. L'enjeu en terme d'éducation est énorme. En parler plus ouvertement, c'est rendre service aux enseignants, pouvoir répondre aux questions fondamentales du public. Je crois en la possibilité de créer des liens, des dialogues.*

**C. H. :** Vous qui êtes chrétien et théologien, comment conciliez-vous votre foi avec la pratique des sciences ?

**J. A. :** Le terme « pratique » est intéressant et important. Il est vraiment nécessaire de se remettre en question, car rien n'est jamais figé. La pratique scientifique contient fondamentalement une mise en question permanente des résultats acquis, des théories élaborées. C'est la même chose dans le domaine de la religion, c'est une recherche, une quête de Dieu à laquelle on n'aboutit pas en se contentant de réciter cinq Pater par jour. Dès lors que je mets en pratique la démarche scientifique et la démarche religieuse, je suis presque contraint d'avancer sans cesse, de ne jamais me contenter de l'acquis. Pour en revenir à Darwin, il était à la fois très conscient d'avoir mis au point quelque chose de nouveau et, en même temps, d'une vraie modestie scientifique. Il n'a jamais prétendu tout savoir. Il disait lui-même : « Le commencement de toute chose nous échappe, c'est pourquoi je suis agnostique. » C'est un bel aveu.

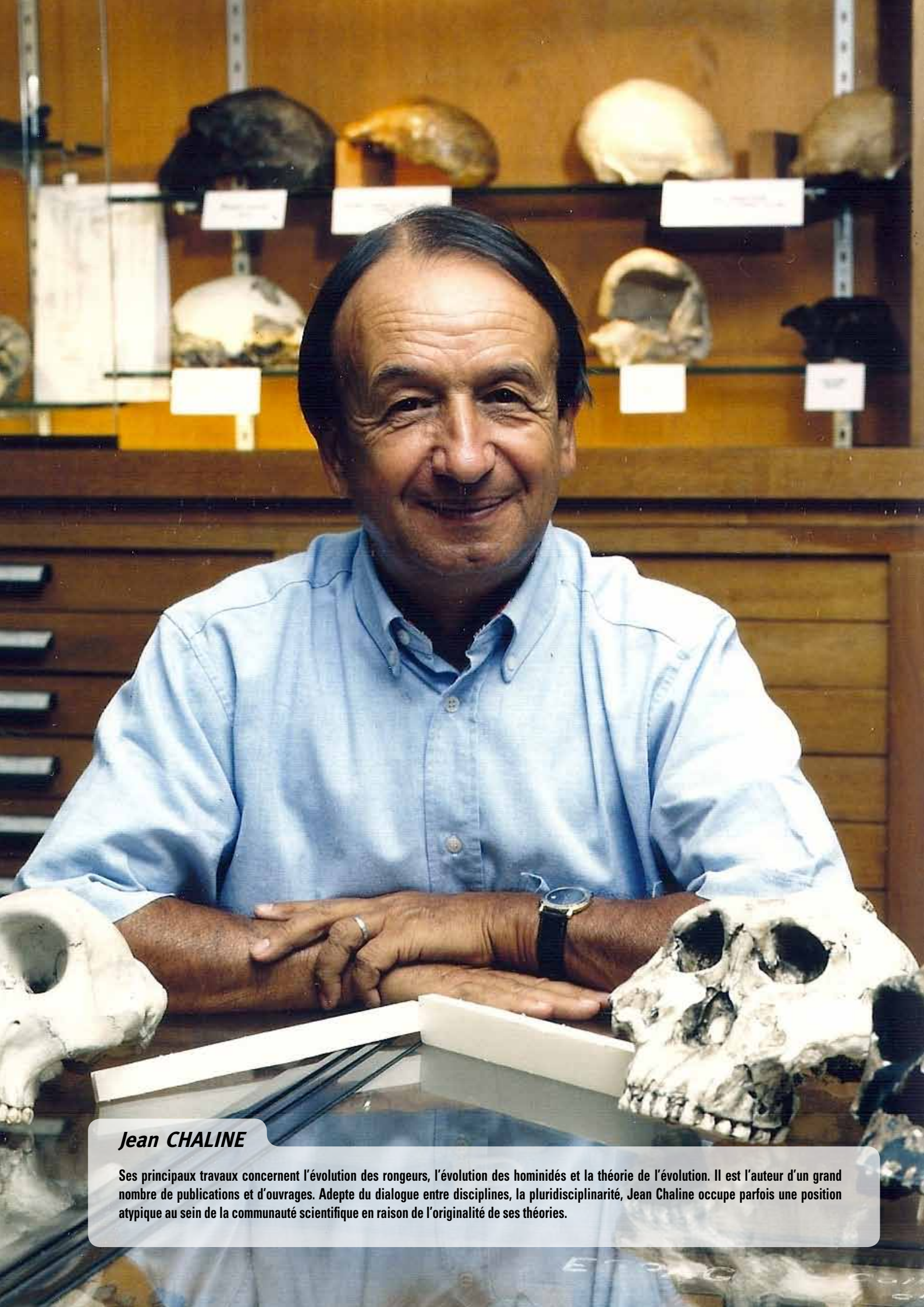
**C. H. :** L'intelligent design est-il une étape nécessaire à l'évolution du créationnisme ?

**J. A. :** Les partisans de l'ID se désolidarisent complètement du mouvement créationniste. L'ID pose un certain nombre de questions qui rendent service à tout le monde : il exige d'être plus précis dans certaines réponses. Mais une position de l'ID comme Deus ex

*machina qui vient tout expliquer ne me satisfait pas ; c'est une solution trop facile, à la fois pour la science et pour la religion. Sa principale faiblesse est de refuser de ne pas posséder la vérité alors que la force de l'homme est de devoir sans cesse se remettre en question. Prenons cette métaphore : Un dogme est comme un lampadaire, un objet qui peut servir à deux choses. Quand vous êtes dans l'obscurité, et nos existences sont faites d'obscurités, vous commencez à explorer autour du lampadaire puis vous osez vous éloigner car vous avez un repère. C'est l'usage positif du dogme. L'attitude inverse, l'attitude dogmatique, est de rester accroché à son lampadaire. L'ID, je l'espère, pourra être considéré comme une étape intéressante dans la mesure où on ne s'y accroche pas.*

**C. H. :** Selon vous, l'évolution de l'homme telle que nous la connaissons aujourd'hui est-elle transposable, envisageable sur une autre planète ?

**J. A. :** Ce que l'on recherche aujourd'hui, ce sont des planètes proches de la configuration de la Terre. Pour une part des scientifiques, les processus biologiques qui se sont déroulés sur notre planète pourraient très bien avoir lieu ailleurs. Pour d'autres, ce qui s'est passé sur Terre est tellement singulier que les probabilités que cela se passe ailleurs sont extrêmement faibles. Le débat est ouvert. Une chose est sûre : on sera toujours en train de chercher. D'un point de vue philosophique, la question est plus ancienne que la science. L'humain s'est toujours demandé : « Y a-t-il d'autres êtres que moi dans le ciel que je vois tous les jours au dessus de moi ? » Les réponses philosophiques ont été très variées. La tradition chrétienne a toujours considéré la possibilité d'une vie ailleurs que sur Terre. A nous de voir s'il est possible de les découvrir et surtout d'apprendre à gérer une éventuelle rencontre. ■



**Jean CHALINE**

Ses principaux travaux concernent l'évolution des rongeurs, l'évolution des hominidés et la théorie de l'évolution. Il est l'auteur d'un grand nombre de publications et d'ouvrages. Adeptes du dialogue entre disciplines, la pluridisciplinarité, Jean Chaline occupe parfois une position atypique au sein de la communauté scientifique en raison de l'originalité de ses théories.

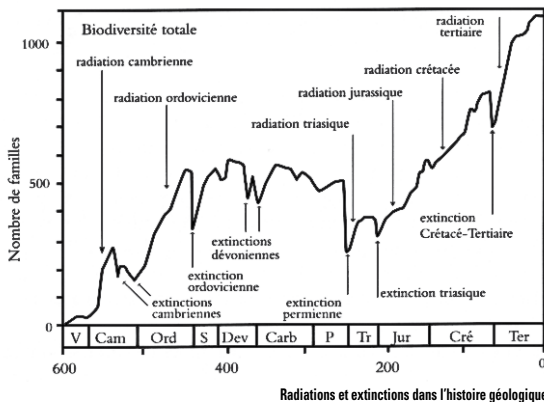
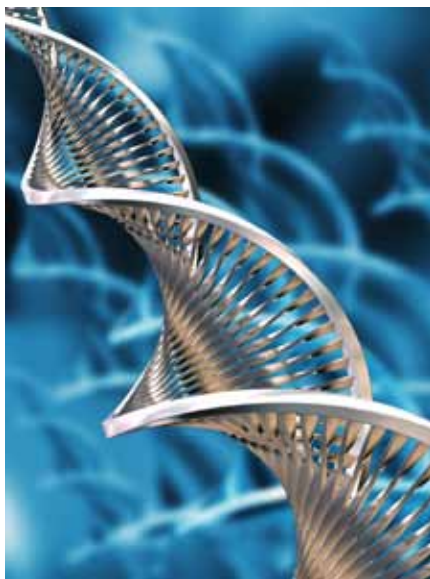
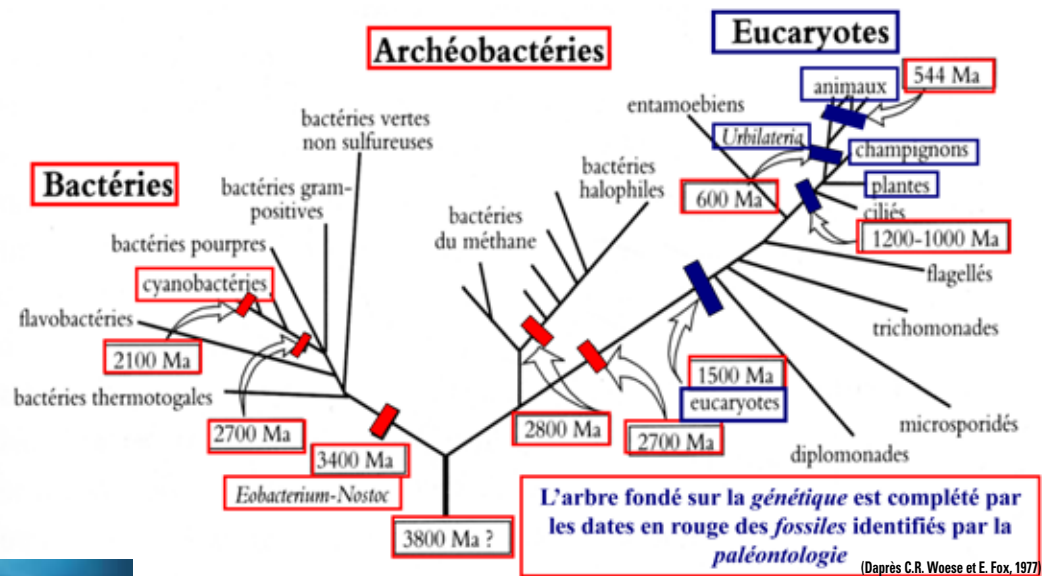


# Ce qu'apporte la paléontologie à la théorie de l'évolution

Jean Chaline : Paléontologue et biologiste.

La paléontologie est une science qui permet de reconstituer l'histoire de la vie sur la terre. Elle apporte les preuves incontournables de l'évolution des espèces. Elle apporte également une dimension temporelle de l'évolution

# L'arbre de la vie



Pour dessiner l'arbre de la vie, la génétique, la paléontologie et la géologie offrent des approches complémentaires. La génétique, par la comparaison des génomes des espèces actuelles, élabore des arbres du vivant que la paléontologie confirme par les fossiles avec l'aide de la géologie qui permet de les dater. On obtient ainsi un arbre de diversification du vivant dans un cadre géologique cohérent et assez bien calibré dans le temps.

On sait maintenant que les plus anciennes traces de vie sont 'probablement' les stromatolithes (tapis de pierre) sécrétés par des algues cyanophycées du type *Nostoc*. Ces premiers vestiges sont connus à Warrawoona, en Australie, où ils sont datés de -3,5 à -3,3 milliards d'années. Mais les premiers fossiles indiscutables de cyanobactéries (cellules d'*Eosphaera tyleri* et des filaments), ainsi que des spores, ont été retrouvés dans des roches siliceuses du Guntflint du Lac Supérieur en Ontario, datés de -2,1 milliards d'années. C'est vers -600 millions d'années que se produit dans l'histoire du vivant la grande division entre les animaux à symétrie bilatérale (*Urbilateria*) et les formes radiaires (coraux). Les animaux à symétrie bilatérale se divisent eux mêmes en deux groupes selon des caractéristiques embryologiques et anatomiques particulières (Protostomiens<sup>(1)</sup> et Deutérostomiens), qui aboutissent au Cambrien, entre -542 et -530 millions d'années à une diversification du vivant en des anatomies entièrement nouvelles qui préfigurent déjà les 30 grands plans d'organisation des animaux actuels. On a appelé cette phase, l'explosion cambrienne. Là apparaissent, par exemple les arthropodes et nos ancêtres, les Cordés. L'apparition des grands plans d'organisation correspond à ce que l'on

appelle la macroévolution. On sait maintenant que la macroévolution résulte des mutations des gènes de régulation, appelés les gènes *Hox*. On peut dire qu'au Cambrien, le spectre des grands groupes du monde vivant actuel était déjà en place. Ensuite l'évolution a procédé par des mutations à l'intérieur de ces plans d'organisation, la microévolution qui produit la variabilité des espèces et les nouvelles espèces, pour aboutir à la biosphère actuelle de plus de 3 millions d'espèces. La longue histoire de la vie a été ponctuée par une succession de phases de radiations (multiplication des espèces) et d'extinctions massives. Les phases de radiation se sont développées lorsqu'il y avait des niches écologiques disponibles colonisables, au début du Cambrien, mais elles ont été tronquées par des phases d'extinctions massives dues à des variations des paramètres climatiques ou de la qualité des eaux marines. On a identifié deux extinctions à la fin du Cambrien, une à la fin de l'Ordovicien, deux à la fin du Dévonien et une très grande extinction à la fin du Permien où toute la faune marine a failli disparaître. Ensuite on a reconnu une extinction mineure à la fin du Trias, une grande extinction spectaculaire à la fin du Crétacé où les ammonites et les dinosaures ont disparu et enfin une extinction de plus de 200 genres de mammifères à la fin de la dernière glaciation (entre -12.000 et -8.000 ans). Ces extinctions ont taillé l'arbre du vivant à la manière d'un bonsai. On assiste actuellement à une extinction massive des espèces animales et végétales due uniquement à l'homme par sa destruction des niches écologiques d'espèces qui vivaient là depuis des milliers, voire des millions d'années. Par exemple, la destruction des forêts amazoniennes et celle des forêts de bambous indispensables aux pandas. ■

(1) Chez les protostomiens la bouche se forme en premier, chez les deutérostomiens, c'est l'anus qui se forme en premier et la bouche en second.



# La mécanique de l'évolution des espèces

Elle nous est apportée par la seule biologie. Le stade actuel de la théorie de l'évolution est appelé EVO-DEVO, ce qui signifie Evolution-Développement (Evolution pour la génétique et la paléontologie et Développement pour l'embryologie et l'ontogénèse). La vie transmet à un individu ce qu'il reçoit de ses deux parents avec des modifications, les mutations. L'évolution est un véritable « bricolage » qui rénove et élargit sans cesse le programme génétique ancestral grâce aux « mutations aléatoires » induites par les rayons ionisants cosmiques (50%) et par les rayons terrestres.

La mécanique démontrée de l'évolution des espèces est celle des mutations de deux types de gènes, les gènes de régulation déjà évoqués, les gènes *Hox* de la macroévolution, et les gènes ouvriers de la microévolution qui introduisent des modifications à l'intérieur des plans d'organisation.

Le résultat de ces mutations se traduit dans le développement embryologique des individus par des changements morphologiques et physiologiques nouveaux ou modifiés par rapport à ses parents qui sont soumis, dès la naissance, à l'environnement. Selon que les caractères sont neutres ou avantageux, les nouvelles caractéristiques sont maintenues et l'individu survit. Mais s'il présente de nouveaux caractères désavantageux, il peut être éliminé impitoyablement par l'environnement qui effectue une sélection naturelle d'élimination. C'est ainsi que procède l'évolution des espèces d'une génération à l'autre et qui a abouti à la biosphère actuelle.

C'est ce que j'ai appelé en 1988, dans une conférence invitée au Collège de France par Yves Coppens : l'« Inside story » : Le génome et le développement (internes) proposent, en premier, l'environnement (externe) dispose, seulement ensuite.

Les études de génétique nous démontrent par exemple comment la vie est passée d'un plan

d'organisation avec un système nerveux ventral et un tube digestif dorsal (les invertébrés) à un plan d'organisation inverse avec un système nerveux dorsal et un tube digestif ventral (vertébrés). L'inversion dorso-ventrale entre les Invertébrés et les Vertébrés qui se situe vers -600 Ma., avait été suggérée par Geoffroy Saint-Hilaire en 1796 et moquée par le créationniste qu'était Georges Cuvier. Il s'agit d'un changement de plan d'organisation qui correspond à une rupture de symétrie. On sait désormais grâce à de Robertis & Sasai (1996) que ce changement morphologique majeur est simplement contrôlé par un couple de gènes de régulation *Hox* antagonistes qui s'expriment par des protéines antagonistes, dorsalisantes, ou ventralisantes. C'est-à-dire que les cellules au cours du développement reçoivent des ordres qui les envoient à tel ou tel emplacement, vers le dos ou vers le ventre.

Il s'agit d'une mécanique souple et économique où les gènes *Hox* déterminent les limites du plan d'organisation et imposent des contraintes de développement qui canalisent parfois l'évolution intra-plan par le jeu de la sélection naturelle. De la même façon, Denis Duboule et son équipe de Genève ont résolu une énigme évolutive : la formation des membres des animaux à quatre pattes (tétrapodes). Les membres des tétrapodes se forment en une séquence de trois phases contrôlées par les gènes *Hox a* et *d 9-13* de la façon suivante : (1) humérus/fémur : *Hox d-9-10*; (2) cubitus-radius/tibia-péroné : *Hox d-11-12*; (3) poignet-main-pied-doigt : *Hox a-13* et *Hox d-12-13*. Un défaut de fonctionnement des gènes *Hox a-d9-10-11-12* cause la phocomélie (absence de bras et avant-bras avec une implantation directe des mains et des pieds directement sur le tronc). On se souvient des effets de la thalidomide, cet analgésique conseillé à certaines femmes enceintes dont la forme commercialisée était sous forme racémique, mais dont l'énantiomère, censé être inactif, s'est avéré provoquer des malformations (tératogènes), des phocomélies. ■



## Les tendances évolutives

Les « contraintes de développement » et l'action de la « sélection naturelle » favorisent le développement de certains « organes avantageux » en une véritable « canalisation évolutive » ou « tendance évolutive ».

C'est l'exemple de la corne nasale des Titanothères, des mammifères tertiaires d'Amérique (Mc Kinney & Schoch, 1985), qui prend de plus en plus d'importance entre l'Eocène (-56 Ma.) et l'Oligocène (-23 Ma.). C'est un phénomène lié à l'accroissement de la taille des animaux, avec une allométrie qui correspond à la croissance rapide d'un organe par rapport au reste du corps, ici la corne, par rapport aux autres organes du corps. Il n'y a aucune finalité dans les tendances évolutives, simplement l'action des « contraintes de développement » qui font qu'un organe ne peut pas évoluer n'importe comment, et celle des sélections naturelle et sexuelle.

Le même phénomène se rencontre chez les Primates où la « tendance évolutive » correspond à « l'accroissement de la capacité crânienne » qui se réalise par des contractions crânio-faciales cumulatives de plus en plus fortes mises en évidence par Delattre et Fenart dans les années 50 et réactualisées récemment par Dambricourt-Malassé.

# Des contraintes physiques au vivant ?

Gould a écrit dans son livre « La vie est belle » en 1989 (Stephen Jay Gould, paléontologue et géologue américain) : « La vie exhibe une structure obéissant aux principes de la physique, mais tout dépend de l'échelle ou du niveau envisagé.

Il y a des lois pour le cadre général (formes générales liées aux contraintes de construction et fonctions des organismes) et la contingence pour le détail ». Qu'en est-il vraiment ?



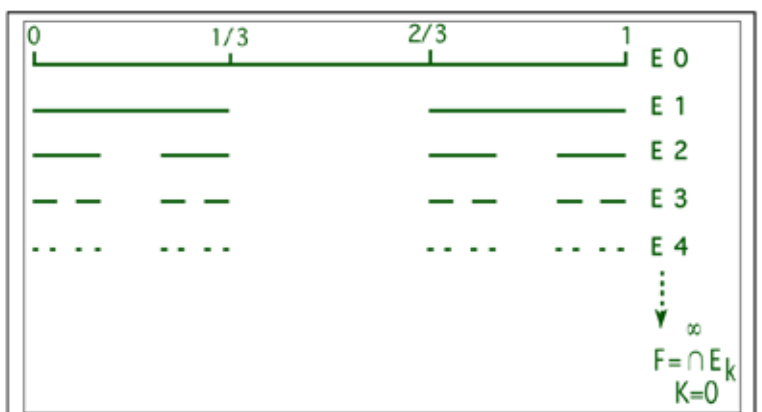
Mandelbrot



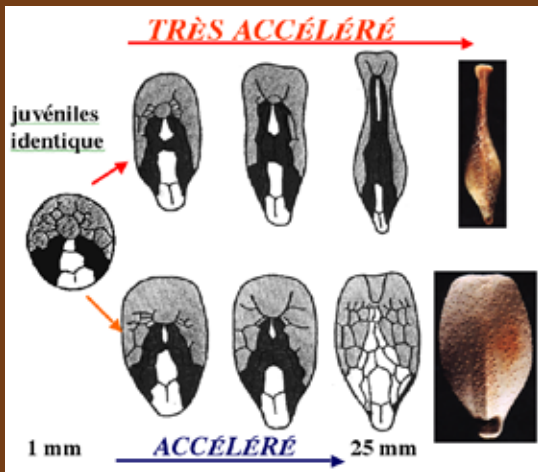
Chou fleur Romanesco

Il faut faire ici appel à une approche pluridisciplinaire impliquant la paléontologie, la biologie et la physique. Depuis les années quatre-vingt on a commencé à prendre en compte un certain nombre de phénomènes physiques qui ne répondent pas aux « lois de structuration linéaire » de la physique classique (quand deux variables sont liées selon une ligne, cf. un pendule). Ces phénomènes procèdent de « lois » particulières dites « lois de puissance<sup>(2)</sup> en  $x^2$  », exprimant l'existence potentielle de structurations fractales sous-jacentes.

Qu'est-ce qu'une structure fractale ? En travaillant sur les bruits de fond du téléphone, le cours du coton et la longueur de la côte de Bretagne, Benoît Mandelbrot<sup>(3)</sup> a découvert une structuration universelle qu'il a nommée : « fractale » du latin « fractus » (brisé, irrégulier). On dit d'un objet qu'il est « fractal » s'il possède une structure à toutes les échelles. Si elles sont identiques, « le fractal est dit autosimilaire ». L'autosimilarité signifie que l'on retrouve le même motif quand on zoome sur un motif



La poussière de Cantor  
On prend un segment, on lui enlève le tiers central, on recommence avec chacun des deux segments restants, et ainsi de suite... jusqu'à la formation d'une poussière de pixels, la poussière de Cantor...



## Les altérations du développement

Ce sont les hétérochronies - modifications de la vitesse ou de la durée du développement - qui se réalisent durant le développement (ontogenèse) d'ancêtres à descendants.

Le développement peut être ralenti (décélération) ou accéléré (accélération). Chez le ver *Caenorhabditis elegans*, on a mis en évidence un gène hétérochronique qui ralentit, ou accélère le développement.

Mais le développement peut être aussi tronqué (hypomorphose), ou allongé (hypermorphose).

Un très bel exemple est celui du développement des oursins des grands fonds de l'Océan Atlantique démontré par B. David en 1986. À partir d'un embryon rond, banal d'oursin, un développement légèrement accéléré aboutit à l'oursin appelé *Pourtalesia* qui présente une forme de large bouteille.

Un développement très accéléré à partir du même type d'embryon aboutit à un oursin complètement différent d'un point de vue morphologique, c'est *Echinisigra* qui ressemble à une bouteille avec un col très allongé.

Ce qui montre que l'accélération du développement change la forme de l'organisme !

Le même processus s'est réalisé chez les primates. Lorsque l'on compare le développement des singes supérieurs (auquel appartenait l'ancêtre commun aux chimpanzés et à l'homme), on constate que les caractères simiesques (qui rappellent le singe) adultes, notamment le bourrelet au-dessus des yeux, disparaissent par étapes chez les adultes, tandis que les caractères juvéniles des singes, tels que le crâne arrondi, s'étendent pour devenir dominant chez l'homme moderne. C'est ainsi qu'on a pu montrer mathématiquement (par les méthodes dites « Procrustes ») que le crâne de l'homme adulte avait conservé la forme de celui d'un singe juvénile ancestral commun et que la bipédie temporaire était devenue permanente chez l'homme.

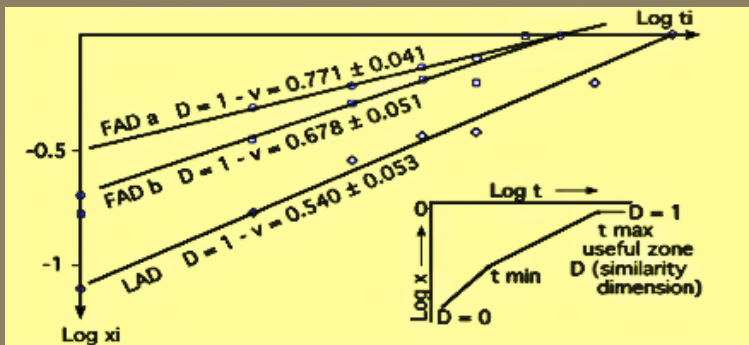
## En conclusions

1. La paléontologie permet de reconstituer, grâce aux fossiles découverts dans un cadre stratigraphique de mieux en mieux daté, et environnemental de plus en plus précis, l'histoire de la vie avec ses événements contingents : les radiations, dépendant des niches écologiques disponibles et les extinctions en masse, résultant de l'histoire de la Terre.
2. La paléontologie apporte les preuves concrètes indiscutables de l'évolution des espèces.
3. La paléontologie permet d'évaluer les relations de parenté entre les organismes par la cladistique et d'analyser les relations ancêtres-descendants en termes d'hétérochronies du développement.
4. La paléontologie a permis de montrer l'existence de contraintes et de lois physiques universelles de « structuration » insoupçonnées, celles de la Relativité d'échelle de Nottale et l'existence de structurations fractales à certaines échelles retenues par la sélection naturelle.
5. La paléontologie et la physique ont montré l'existence de répartitions log-périodiques des événements évolutifs majeurs : des lois de prédictibilité à caractère indéterministe, donc probabiliste, celles de la mécanique quantique macroscopique.
6. Si la paléontologie n'apporte rien sur les mécanismes de l'évolution que seule la biologie peut dévoiler, elle participe avec la génétique et la biologie du développement, à EVO-DEVO, le nouveau stade actuel de la théorie de l'évolution en apportant la dimension temporelle de l'évolution...
7. La paléontologie n'a identifié rigoureusement aucune finalité, ni aucun dessein intelligent, seulement des canalisations résultant de contraintes du développement et de la sélection naturelle. Une interprétation en termes de finalité et de dessein intelligent pour expliquer la complexité du vivant ne relève pas de la science, mais de la philosophie ou de la religion.
8. D'ailleurs, s'il y avait finalité et dessein intelligent, y aurait-il eu des « extinctions massives » liées à la « contingence » de l'histoire de la Terre ? Y aurait-il des « anomalies du développement abominables, comme les anencéphalies, les aniridia (enfants sans les yeux) ou des phocomélies » résultant de mutations au hasard ? Et une sélection naturelle, l'implacable et impitoyable loi du plus fort ?

## Références

Ce texte illustrant la conférence donnée le 22 novembre 2009 dans le cadre du « Colloque Darwin, Héritage et enjeux pour notre Société » à Nancy est tiré de l'ouvrage où se trouvent toutes les références citées :  
Nottale, L., Chaline, J. et Grou, P. 2009. Des fleurs pour Schrödinger. La relativité d'échelle et ses applications. Ellipses, Paris, 421p.

## Les apparitions et extinctions d'espèces chez les campagnols suivent les lois de puissance !



## Conclusion : elles ne se font pas au hasard !

où l'on trouve un motif identique à l'intérieur d'un motif identique, et ainsi de suite... Mais Mandelbrot n'a introduit ni théorie ni dynamique, c'est le travail de Laurent Nottale (1982) que nous allons examiner plus loin en détail. L'un des plus beaux exemples de fractale est celui des poumons humains. Le motif « bifurcation » se retrouve dans 16 dichotomies successives produisant 60.000 branchioles conduisant aux 60.000 acinis<sup>(4)</sup> contenant les alvéoles. L'arbre des veines et des artères des poumons se réalise en 23 dichotomies aboutissant aux 8 millions d'artérioles et veines terminales en échelles décroissantes. On sait aujourd'hui que le gène *Hoxb-5* influence la morphogenèse des branchements. Les structures fractales sont abondantes dans la hiérarchie du vivant. On trouve des structures fractales dans les régions non-codantes de l'ADN, ce qui permet de compacter le filament d'ADN long de 1m dans le minuscule chromosome. On en retrouve aussi dans la morphologie des cellules des bactéries, des algues, des plantes, des coraux et des

neurones, dans les organes (poumons, reins, vaisseaux sanguins, estomac, intestin), dans les déplacements et oscillations des populations et même dans les apparitions et extinctions des espèces (Dubois et Chaline, 1991). La raison de cette abondance de structures fractales dans le vivant est simple : la fractalisation augmente les surfaces de façon considérable dans un « espace fini » et cet avantage est donc retenu par la sélection naturelle. Ainsi, les poumons humains dépliés couvriraient la surface d'un court de tennis.

En mettant à profit les mathématiques, en confrontant les connaissances de la paléontologie avec celles de la biologie et de la physique, en appliquant par exemple la relativité d'échelle à l'origine de la vie et à son évolution (voir « L'arbre de la vie est-il fractal ? » consacré à la théorie de Nottale, aux lois log-périodiques et phénomènes critiques), de nouvelles voies sont ouvertes pour faire progresser la connaissance des transformations du vivant. ■

- (2) Qu'est-ce qu'une loi de puissance ? Considérons la suite de nombres 2, 4, 8, 16, 32... c'est une suite de nombres qui sont appelés « puissances successives de 2 ». C'est une loi de puissance exponentielle de raison 2. Le nom du rang (1, 2, 3, 4, 5, ... 23) correspond au logarithme à base 2, l'inverse de la fonction exponentielle...
- (3) Mandelbrot. 1975. Les Objets fractals. Flammarion, Champs, Paris.
- (4) Acinus : Cavité arrondie et en forme de cul-de-sac qui constitue la partie sécrétrice de certaines glandes.

# Rencontre avec Jean Chaline

Propos recueillis par  
Valéry DUBOIS / Image Clé

Paléontologue et biologiste



Valéry Dubois : « Rien n'a de sens en biologie en dehors de l'évolution ». Vous aimez citer dans vos présentations publiques cette phrase du biologiste et généticien russe Theodosius Dobzhansky. Pourquoi ?

**Jean Chaline :** Parce que les changements progressifs qu'on constate avec le temps ne doivent pas être ignorés. Nous sommes, dans le monde du vivant, face à des changements imperceptibles mais continus, qui s'ajoutent et qui font qu'au bout d'un certain temps, eh bien tout a changé ! La biologie ne peut pas se comprendre sans cette prise en compte permanente de l'évolution.

L'évolution n'est pas un point de vue mais un fait d'observation. C'est une accréation, de petits changements successifs qu'on peut très bien observer chez les campagnols par exemple. Des changements qui sont continus et qui s'additionnent. Et au bout d'un certain temps, il y a un changement tel qu'on a affaire à une nouvelle espèce.

**VD :** Vous militez pour un dialogue renforcé entre disciplines scientifiques. Vous travaillez vous-même avec des physiciens, dans quel but ?

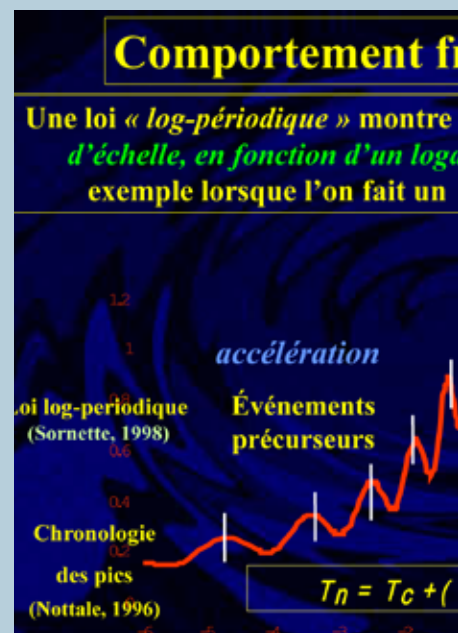
**JC :** Des changements majeurs touchent actuellement d'autres sciences et peuvent trouver un écho en paléontologie. Beaucoup de paléontologue refusent de s'intéresser aux évolutions apportées par d'autres disciplines ou ne prennent pas le temps. Or, de nombreux phénomènes biologiques suivent des lois de la physique (gravité) et de la chimie,

des lois universelles. On ne gagne rien à les ignorer. L'évolution est le résultat d'un hasard des mutations encadré par un certain nombre de contraintes, dont celles de l'environnement qui constituent une sélection naturelle. Ce n'est pas un hasard absolu : le hasard suit des lois, il y a un certain déterminisme. Et les espèces évoluent, contraintes par des caractéristiques génétiques, physiques, mécaniques (écoulements cellulaires hydrodynamiques qui suivent la loi de D'arcy) ou de développement (plan d'organisation d'une espèce). Disons qu'il y a une imprédictibilité à caractère déterministe ! Les paléontologues ont donc tout intérêt à parfaire leur culture scientifique au contact d'autres spécialistes. En travaillant avec l'astrophysicien Laurent Nottale, qui a formulé « la théorie de la relativité d'échelle », j'ai par exemple complètement changé d'optique sur mes travaux.

**VD :** A quel point de vue ?

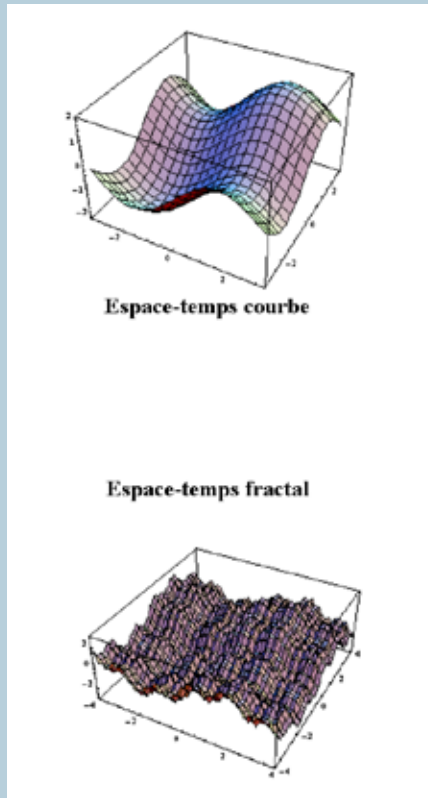
**JC :** J'avais l'habitude de travailler sur l'évolution des espèces mais à des échelles restreintes. En m'appuyant sur les théories de Nottale, j'ai la possibilité de travailler sur des échelles beaucoup plus grandes. Car on s'aperçoit qu'il existe des lois générales d'accélération ou de décélération qui s'appliquent à la paléontologie, mais à bien d'autres domaines également : à la finance, aux géosciences... Sur de multiples sujets de recherche, on peut définir des pics de probabilité qui ne garantissent pas qu'il se passera quelque chose, mais qui déterminent des périodes charnières favorables à l'émergence d'innovations, cela grâce à des lois de probabilité. Nous avons été très surpris de constater que ces lois collaient parfaitement aux périodes clés de l'évolution des primates, par exemple. Mais aussi, à une autre échelle au cas des dinosaures, des oursins, des chevaux, au développement embryonnaire des humains et de l'histoire de la vie en général. De plus en plus, généticiens, embryologistes, biologistes, physiciens, paléontologues seront amenés à collaborer. ■

S'associant  
avec d'autres  
disciplines,  
la paléontologie  
explore  
de nouveaux  
horizons  
complexes.



(4) : Nottale, Chaline & Grou. 2009.  
Des fleurs pour Schrödinger.  
La relativité d'échelle et ses applications.  
Ellipses, Paris, 421 p.

# L'explication des structures fractales : la théorie de la relativité d'échelle de Nottale



Le « principe de relativité d'échelle » élaboré par l'astrophysicien français Laurent Nottale en 1982 postule que les lois fondamentales de la nature doivent être valides, quel que soit l'état d'échelle du système de référence. Le principe de relativité d'échelle complète le principe de relativité de Galilée, Poincaré et Einstein qui s'appliquait seulement aux états de position, d'orientation et de mouvement. La théorie de la relativité d'échelle consiste à appliquer le principe de relativité aussi aux transformations d'échelle. Seuls les rapports d'échelle ont un sens, jamais une échelle absolue!

Les conséquences de ce concept sont importantes. La géométrie courbe de l'espace-temps de la relativité d'Einstein devient fractale aux petites et aux grandes échelles cosmologiques (lois quantiques avec en particulier l'équation de Schrödinger généralisée et la dépendance d'échelle), mais elle n'est pas fractale à nos échelles (physique classique et indépendance d'échelle). La dynamique de type classique se transforme en une dynamique nouvelle ayant un caractère quasi-quantique, naturellement capable de morphogénèse! ■

## Lois log-périodiques et phénomènes critiques

Des lois log-périodiques apparaissent « naturellement » dans cette approche, quand on passe à des transformations non-linéaires. Ce sont des lois de prédictibilité à caractère indéterministe !

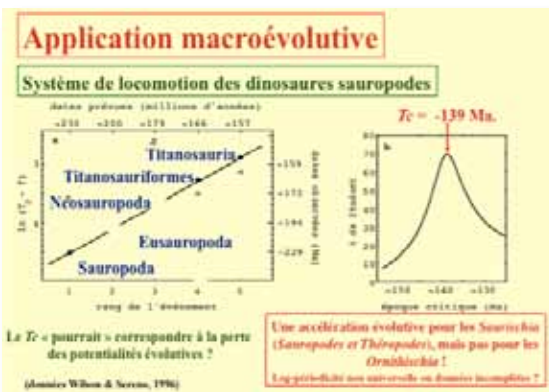
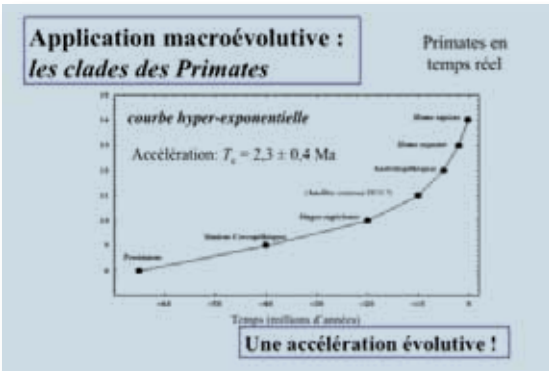
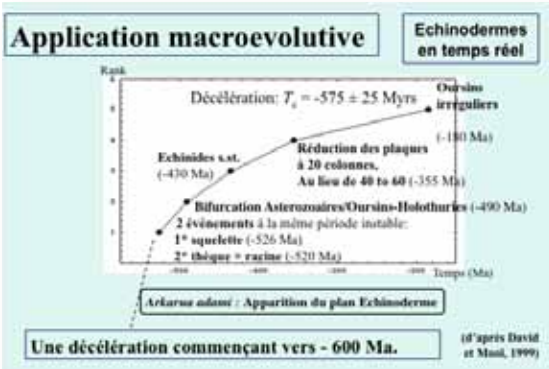
Qu'est-ce qu'une loi log-périodique ? Une loi « log-périodique » montre une périodicité dans les changements d'échelle, en fonction d'un logarithme de la variable comme, par exemple, lorsque l'on fait un zoom en continu 2, 4, 8, 16, 32. Les premières applications de ces lois log-périodiques ont été réalisées par Sornette et Sammis en 1995 à propos du tremblement de terre de Kôbe au Japon. Ils ont montré que des émissions d'ions chlore identifiés par des capteurs ne se répartissaient pas selon une loi linéaire, mais selon une loi log-périodique. En conséquence, si l'on avait su la signification de cette émission d'ions chlore, on aurait pu prévoir le tremblement de terre environ quarante heures à l'avance.

Nottale dans le livre « Des fleurs pour Schrödinger »<sup>(4)</sup>, a pu évaluer le prochain pic de probabilité des tremblements de terre en Californie. En prenant les données de l'US Geological Survey Earthquake Data Center pour les années 1932-2006 et Earth Quake Data Base pour les tremblements de terre historiques, années 1500-1932, Nottale a pu montrer que la distribution observée est très bien ajustée

par une loi de puissance soumise à une forte oscillation log-périodique décélérant depuis l'époque critique de 1796. L'histogramme de la distribution des dates des tremblements de terre de magnitude supérieure à 5 en Californie du Sud, montre que le prochain « pic de probabilité » est prévu autour de 2047. Autre sujet d'importance, la disparition de la banquise arctique liée au réchauffement climatique. En utilisant les données issues du US National Snow and Ice Data Center de 1979 à 2008 concernant la surface de banquise arctique restante (au 15 septembre de chaque année), Nottale a pu proposer un modèle différent du modèle linéaire du GIEC, d'une diminution à taux constant selon une ligne droite, où la date estimée de la disparition de la banquise arctique est de 2080-2100 ; c'est celle des experts actuels du climat. Mais, Nottale, en utilisant une diminution suivant une loi critique non linéaire, a trouvé un temps critique  $T_c = 2012$ , qui mène à une disparition totale de la banquise arctique en septembre 2011 et encore, sans prendre en compte la diminution d'épaisseur, mal connue, mais estimée à 15% par décennie, qui pourrait encore rapprocher cette date. Dans un travail publié en 2006<sup>(5)</sup>, Nottale avait déjà prédit l'état de la fonte en 2009. L'état de la banquise arctique en septembre 2011 sera un bon test de sa théorie. ■



(5) : Nottale. 2006. Un nouveau paradigme pour la physique ? Nouvelles perspectives. In : Les Grands défis Technologiques et scientifiques au XXIe siècle. (Bourgeois & Grou, Eds).Ellipses, Paris,



# L'arbre de la vie est-il fractal ?

Les exemples des applications des lois log-périodiques à la géophysique ont permis à Nottale de tester l'hypothèse que le vivant pourrait suivre de telles lois. C'est ce que nous avons pu montrer en 1999 dans une note intitulée<sup>(6)</sup>: 'L'arbre de la vie a-t-il une structure fractale ? Les travaux de Sornette et al. ont suggéré à Nottale de traiter l'arbre de la vie

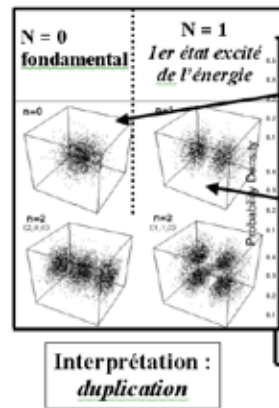
comme les autres arbres végétaux structurés de manière fractale, mais dans le temps au lieu de l'espace. Nottale a proposé une pure chronologie discrète avec une loi discrétisée. Il a montré qu'on pouvait prendre comme référence des rapports, le temps critique  $T_c$ , bien que celui-ci soit à l'infini du point de vue des rangs. Les premiers tests des lois log-périodiques à la macroévolution ont été réalisés respectivement sur les échinodermes, les dinosaures sauropodes et théropodes, les rongeurs, les chevaux, les primates et l'ontogénèse humaine et enfin la vie dans son développement global. On a pu se demander au point de vue évolutif à quoi correspond le temps critique. On peut alors se demander si ce temps critique ne « pourrait pas correspondre à une perte de potentialité d'évolution de ce système biologique par manque d'innovation », puisqu'aucune nouveauté majeure n'apparaît plus après cette date ?

Précisons tout de suite un point très important, si la date du temps critique peut être calculée par la loi log-périodique avec une certaine approximation, on ne peut cependant en aucun cas dire ce que sera la nature, ni l'ampleur de cet événement.

L'introduction de lois probabilistes (non déterministes du point de vue des trajectoires individuelles, qui restent imprédictibles, mais déterministes du point de vue de l'évolution de structures décrites en termes de densité de probabilité, ce que nous avons appelé un « déterminisme structurel »), dans des phénomènes structurels réputés se faire exclusivement au hasard des mutations triées par la sélection naturelle peut sembler paradoxale.

En fait il n'y a aucune incohérence dans l'existence de ces lois déterministes pour les structures (c'est le cas de la mécanique quantique standard, archétype de la perte du déterminisme classique, dans laquelle l'équation de Schrödinger dépendante du temps décrit bien pourtant une évolution parfaitement causale et déterminée de la fonction d'onde et donc de la probabilité qui s'en déduit). Il s'agit d'une prédictibilité à caractère probabiliste. Les structures sont déterministes ; il s'agit d'un déterminisme essentiellement structurel. ■

dans l'espace standard ← Mécanique

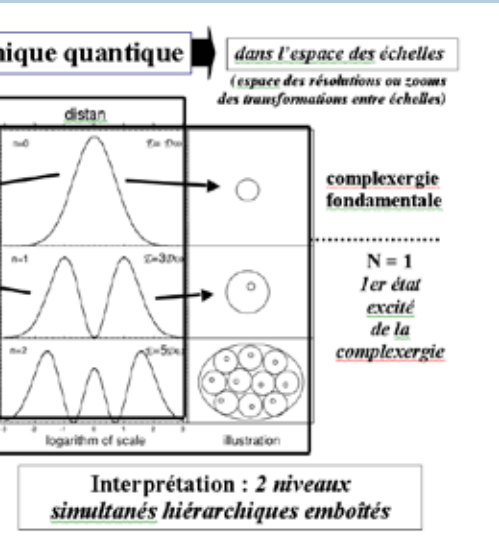


Nottale a montré que dans cette nouvelle approche très générale, la dynamique classique se transformait en une dynamique nouvelle ayant un caractère quasi-quantique naturellement et spontanément capable de morphogenèse. On entend par là une description en terme de densité de probabilité qui est donnée par le carré du module d'une « fonction d'onde », elle-même solution d'équations du type Schrödinger ou Schrödinger non-linéaire. Mais cette mécanique macroquantique n'inclut pas d'autres propriétés spécifiques du domaine quantique standard (qui sont en fait souvent liées à l'élémentarité), tels l'indiscernabilité de particules identiques ou le paradoxe EPR.

C'est ainsi que l'on s'attend, dans ce cadre, à voir apparaître des morphologies comme les matérialisations des zones de plus hautes probabilités. C'est-à-dire que l'on aborde ici une théorie très générale de l'auto-organisation, en particulier au niveau de la morphogenèse et de l'évolution morphologique.

Une application de cette nouvelle mécanique quantique macroscopique déduite de la relativité d'échelle concerne les effets d'une augmentation d'énergie du système dans l'espace standard. Elle ne se traduit pas comme on pourrait s'y attendre d'un système classique par une augmentation de taille du système, mais par un changement de structure se réalisant par un saut. L'augmentation d'énergie ne permet pas l'apparition d'une nouvelle structure avant qu'elle n'ait atteint son niveau de quantification naturel suivant, un seuil défini. Par exemple, dans le cas d'un potentiel d'oscillateur harmonique tridimensionnel isotrope, quand l'énergie augmente d'un facteur 5/3, (en passant du niveau fondamental qui correspond à 3/2 du quantum d'énergie au premier niveau excité qui vaut 5/2 de ce quantum), le système fondamental unique se divise en deux sous-systèmes et un système double apparaît. C'est une duplication spontanée. Des applications au vivant sont potentiellement

(6) : Chaline, J., Nottale, L. & Grou, P. 1999. L'arbre de la vie a-t-il une structure fractale ? Le Point sur... C. R. Ac. Sc. Paris, 328 (IIa): 717-726.



# Application de la relativité d'échelle à l'origine de la vie et à son évolution

possibles sous une forme nouvelle, qui prend en compte le fait que ce sont des systèmes hors équilibre, et pourrait peut-être être significatives pour certaines duplications dans le vivant, comme celle de la duplication de certaines molécules, en particulier des acides aminés (ARN et ADN), ainsi que la division cellulaire ou certains autres types de duplications. Il ne s'agit pas bien sûr d'« expliquer » ces duplications de systèmes biologiques, qui dépendent de nombreux autres paramètres d'essence biologique, mais de suggérer l'existence d'un lien profond entre duplication et énergie quantifiée.

Dans l'espace des échelles, on peut passer d'une description classique déterministe à une description de type quantique à l'aide d'une équation de Schrödinger agissant maintenant dans cet espace, permettant de rendre compte de manière probabiliste d'une organisation hiérarchique. En ce qui concerne l'espace des échelles, la discrétisation des structures possibles, qui décrit une organisation hiérarchique, exprime les sauts d'une nouvelle quantité dite conservative, que Nottale a dénommé la complexergie. Des résultats très surprenants sont alors possibles.

Il faut bien distinguer les effets quantiques macroscopiques déjà connus (tels la supraconductivité), au sens de la mécanique quantique standard fondée sur la constante microscopique universelle de Planck  $\hbar$ , de la proposition d'une nouvelle sorte d'effets quasi-quantique macroscopique déduits de la relativité d'échelle et fondés sur une constante d'auto-organisation qui est propre au système considéré et n'a plus de raison d'être microscopique.

Cette nouvelle mécanique macroquantique dans l'espace des échelles pourrait vraisemblablement s'appliquer au vivant. La vie et ses premières structures pourraient n'être qu'une conséquence des diverses solutions

de l'équation généralisée de Schrödinger agissant dans l'espace ordinaire et dans l'espace des échelles et correspondant à un nombre croissant de niveaux hiérarchiques imbriqués respectivement et successivement, les coacervats, les procaryotes, les eucaryotes et enfin les pluricellulaires.

L'apparition de la vie pourrait donc être le résultat d'une structuration physique macro-quantique spontanée, s'étant effectuée à une période déterminée de l'histoire de la Terre, vers 3,8 milliards d'années, lorsque les paramètres énergétiques du système inorganique sont entrés dans les zones de probabilité permettant la structuration spontanée du système.

La combinaison des effets quantiques dans l'espace des échelles et dans l'espace standard permet d'associer la structuration hiérarchique du vivant à celle des processus de duplication, indispensables pour la reproduction du vivant. On peut se demander si l'auto-organisation spontanée des lipides en globules (micelles) n'est pas l'expression macroscopique de l'équation de Schrödinger généralisée dans l'espace des échelles ?

L'état du système vivant unicloisonné procaryote, de type bactérien, a duré longtemps, depuis environ 3,8 milliards d'années jusqu'à l'apparition des eucaryotes, vers 1,5 à 1,4 milliard d'années. Ce passage majeur s'est réalisé par un saut depuis l'état fondamental de complexergie ( $n = 0$ ) à un premier état excité de cette complexergie ( $n = 1$ ). Ce saut structurel s'est traduit aussi par l'apparition d'une membrane nucléaire autour du noyau, désormais lui aussi cloisonné ; c'est un cloisonnement emboîté. Ce cloisonnement, dans un cloisonnement, correspond à une invariance d'échelle, à une structuration fractale. Notons que le passage des procaryotes aux eucaryotes se traduit par une augmentation de taille des cellules de  $1\mu\text{m}$  à  $10\mu\text{m}$ , donc d'un facteur 10.

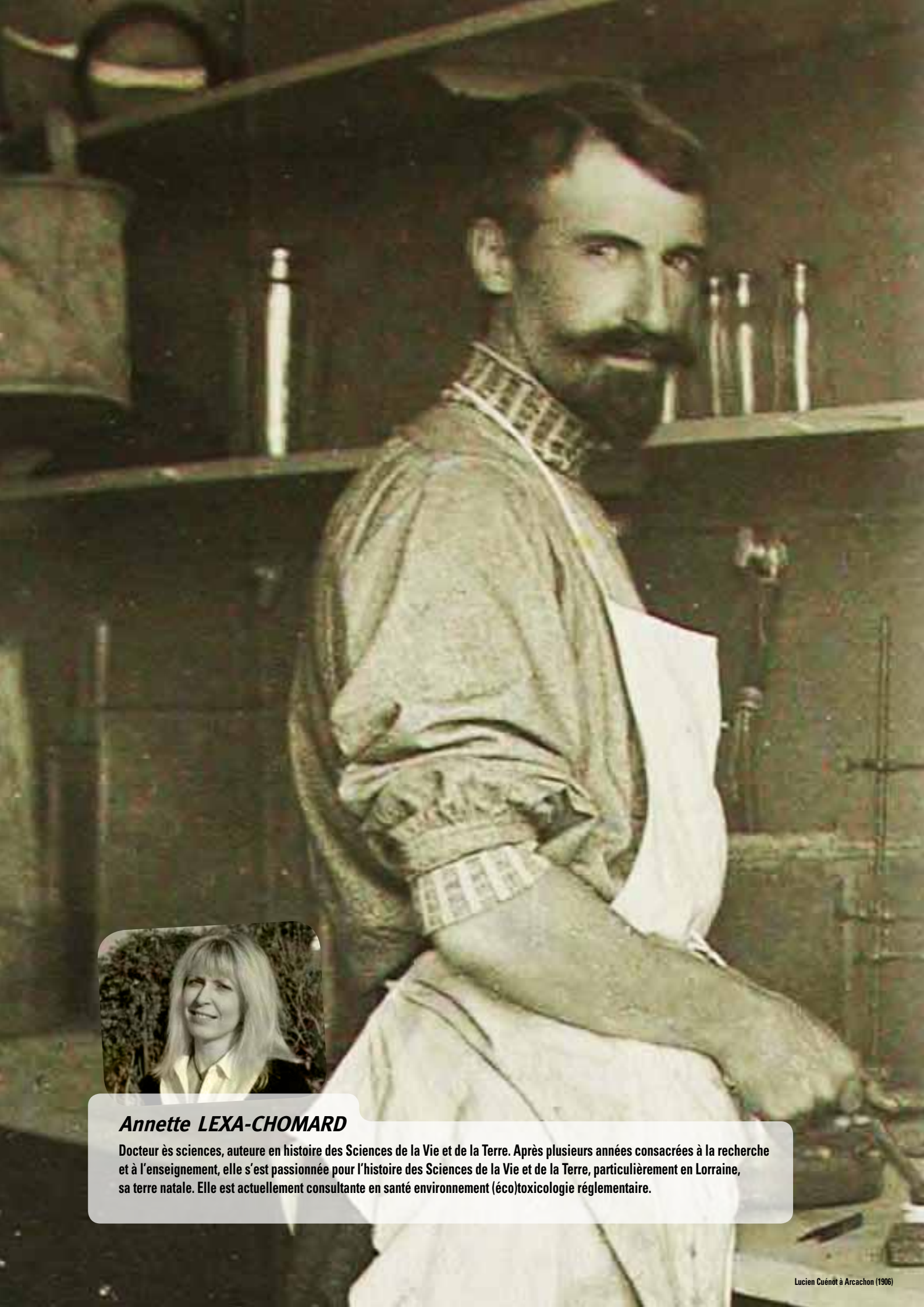
Plus tard encore, le système Vie est passé à un nouvel état excité de la complexergie ( $n = 2$ ) qui a permis l'apparition d'une nouvelle structuration fractale du vivant, celle des organismes pluricellulaires, qui s'est réalisée un peu avant 1 milliard d'années.

Avec ces trois niveaux de complexergie, les structures de base du vivant étaient achevées, il y a environ 1 milliard d'années, sa structuration générale emboîtée en procaryotes, eucaryotes et pluricellulaires. Les sauts entre ces trois états se sont réalisés temporellement selon une répartition log-périodique. La suite de l'évolution s'est réalisée par une diversification au sein de chacun de ces types structuraux de base par le biais des gènes de régulation et des gènes ouvriers que nous avons évoqués plus haut.

Nottale a montré aussi une autre application de 'l'équation de Schrödinger généralisée' dans la morphogenèse d'une structure florale.

La croissance à partir d'un centre décrit par une onde sphérique sortante, avec brisure de symétrie haut-bas et force constante vers le bas, peut s'exprimer à des échelles différentes (collisions de particules, formes des nébuleuses planétaires). En biologie se développent des formes florales : les pétales, sépales et étamines émergent tous de la même solution et sont tracés suivant les « angles de probabilité maximale ». Le résultat en est une plante identifiée dans nos jardins, le tulipier (*Liriodendron tulipifera*). Si l'on change une variable, par exemple si l'on inverse la force constante de tension qui détermine une courbure, on obtient une nouvelle fleur théorique qui pousse aussi dans nos jardins, le *Platycodon*, une Campanulacée.


Galilée écrivait dans l'« Essayer » (1623) que « la nature était écrite en langage mathématique ». Cela a été confirmé par Léonard de Pise (Fibonacci) et Léonard de Vinci qui en ont donné les premières équations. Le travail de Nottale ne fait que confirmer cette appréciation de Galilée, l'inventeur de la relativité. ■



**Annette LEXA-CHOMARD**

Docteur ès sciences, auteure en histoire des Sciences de la Vie et de la Terre. Après plusieurs années consacrées à la recherche et à l'enseignement, elle s'est passionnée pour l'histoire des Sciences de la Vie et de la Terre, particulièrement en Lorraine, sa terre natale. Elle est actuellement consultante en santé environnement (éco)toxicologie réglementaire.





# Lucien Cuénot (1866-1951), théoricien de l'évolution : un précurseur en France

**Itinéraire d'un biologiste de renom, lorrain d'adoption, digne héritier des théories darwiniennes et injustement marginalisé par ses contemporains.**

Lucien Cuénot, homme au demeurant libre et agnostique, connut un long purgatoire dont il est temps de le sortir.

Les découvertes de la biologie du développement permettent enfin d'apprécier la pleine saveur de la pensée cuénotienne. « J'ai été flétri du nom de théologien, je ne pense pas avoir mérité cet excès d'honneur et d'indignité » (Lucien Cuénot en 1948).



## Une insatiable curiosité

...voilà les cellules qui se multiplient à partir de l'œuf. Et, toujours elles vont pousser dans le même sens, se replier au même endroit. Toujours en un point déterminé, les cellules, à un moment déterminé, vont engendrer quelque chose comme un poil ou comme un ongle ou comme une glande. Pourquoi ? Et à telle place, dans le pelage ou le plumage, une tache du même rouge ou du même gris, toujours la même. Pourquoi ? Je te le demande. Il est impossible d'expliquer ces choses, et ces choses sont l'essentiel, et ces choses sont les seules qu'on voudrait vraiment comprendre. Et quand les cellules se seront multipliées (...), elles s'arrêteront, comme si, réellement, elles avaient rencontré un obstacle consistant. Et, ailleurs, elles ménageront une fossette, et ailleurs un petit canal. D'où vient cette propriété mystérieuse, inintelligible ? Lucien Cuénot a sans aucun doute inspiré l'écrivain et ami Georges Duhamel<sup>(1)</sup> qui s'avoua profondément troublé par les réflexions du biologiste sur l'adaptation organique. Pour avoir osé poser cette question à une époque où il ne pouvait y avoir de réponse scientifiquement honnête, pour l'avoir trop souvent rappelée à ses contemporains, Lucien Cuénot, homme au demeurant libre et agnostique, connut un long purgatoire dont il est temps de le sortir. Il fut non seulement amalgamé trop rapidement avec les derniers néolamarckistes français, mais plus injustement encore accusé d'être un finaliste chrétien.

Le nom de Cuénot reste attaché à la naissance de la génétique, dans un pays qui n'a pas su pourtant apprécier l'ampleur de ses précoces réflexions. Il fut le premier grand biologiste français de la première moitié du XXe siècle, ainsi qu'un des derniers grands naturalistes de ce siècle, on le sait moins. L'on connaît moins encore l'autre facette, celle du théoricien de l'évolution, dérangent, et, là encore, mal compris en France : la fin de l'ère de la biologie moléculaire réductionniste qui prit naissance juste après sa mort, les thèses évolutionnistes plus récentes, les découvertes de la biologie du développement permettent enfin d'apprécier la pleine saveur de la pensée cuénotienne. ■

- (1) : *Chronique des Pasquier, Cécile parmi nous*, p.220, 1938, Ed.Mercure de France, Paris, 297p.  
(2) : Cette théorie dite du plasma germinatif (1883) postulait l'existence d'un support matériel de l'hérédité : des particules séparables étaient contenues dans le noyau des cellules reproductives (le germen). Weismann affirmait en outre l'impossibilité de la transmission héréditaire des caractères acquis. Darwin avait déjà lui-même proposé en 1868 une hypothèse provisoire d'inspiration lamarckiste : des particules appelés gemmules, déterminant les caractères héréditaires, seraient produites en plus ou moins grand nombre par les différentes parties du corps (le soma), et, libres de circuler, pourraient s'accumuler dans les cellules germinales.  
(3) : L'épistasie est l'action d'un gène sur un autre gène dont l'expression est alors modifiée  
(4) : La méiose est le processus de division cellulaire qui aboutit à la production de cellules sexuelles à n chromosomes. C'est un processus important de la reproduction sexuée.

# Darwin contre Lamarck

Dans les années 1880, ce n'est pas à la Sorbonne que le jeune Cuénot découvrit Darwin et sa fameuse théorie : le transformisme de Darwin qui avançait l'idée selon laquelle les êtres vivants dérivent les uns des autres par petites variations fortuites continues et survivance du plus apte (la fameuse sélection naturelle) n'entraîna pas à l'université. Pourtant, le courant laïc et républicain aidant, les zoologistes français finirent par accepter le transformisme mais en conservant l'idée originelle de Darwin d'une hérédité acquise des caractères par suite de l'adaptation de l'organisme aux conditions de milieu, ce que l'on appela la version néolamarckiste de l'évolution, (du nom de J.B. de Lamarck qui fut le premier à avancer l'idée de transformisme en 1800 avec le principe selon lequel le besoin crée l'organe, le défaut d'usage l'atrophie).

Cuénot était alors le seul en France à affirmer l'impossibilité de la transmission des caractères acquis et affirmait, dès 1894, sa pleine adhésion à la théorie de August Weismann<sup>[2]</sup>, acte de bravoure dans un pays tout entier converti au lamarckisme biologique et social.

La redécouverte des lois de Mendel en 1901 imposa l'idée que des particules matérielles indépendantes et juxtaposées (appelées plus tard gènes) se transmettaient de manière invariable de génération en génération selon des lois statistiques. (fig2)

En 1902, à Nancy, sur un coin de pailleasse, Cuénot retrouvait ces lois chez l'animal. Puis il découvrait, au hasard de résultats ne répondant pas aux rapports attendus par ces lois, le premier cas de gène létal chez l'animal, le premier phénomène d'épistasie<sup>[3]</sup> et découvrait l'origine héréditaire de certains cas de cancer. Selon lui « il fallait se garder de considérer le gène comme ayant un rôle en soi mais comme faisant partie d'un appareil plus général de réaction ontogénique ».

Dans le contexte scientifique français de l'époque, ces résultats relevaient véritablement d'une prouesse intellectuelle : absence de démarche expérimentale, scepticisme généralisé

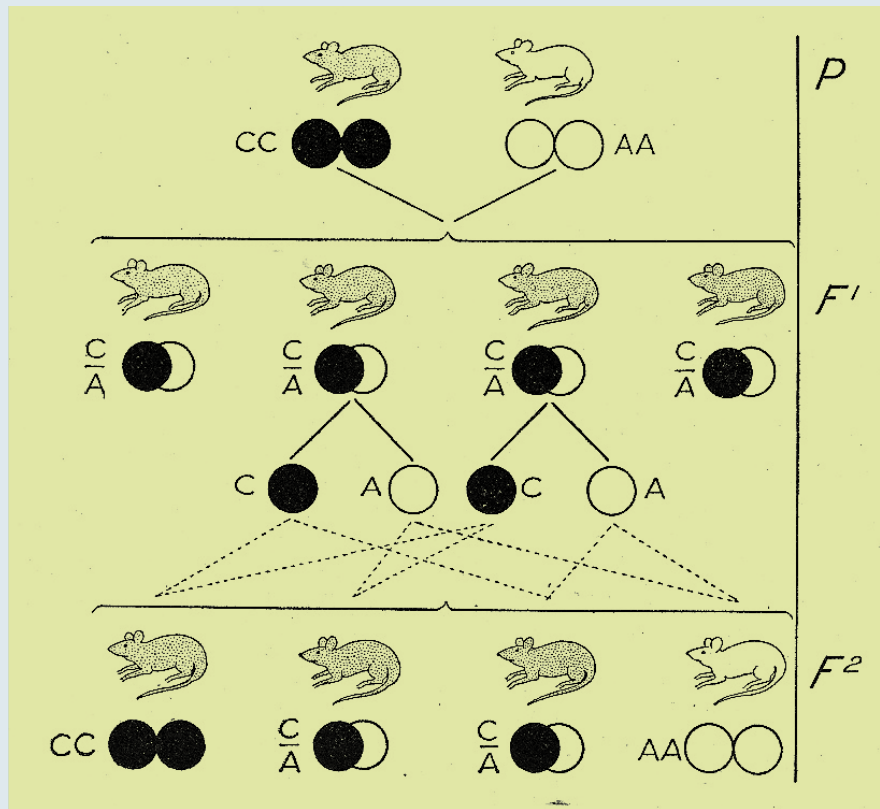


Fig 2 : Les lois de Mendel furent retrouvées chez l'animal par Lucien Cuénot (dessin de Cuénot)

vis-à-vis du rôle des chromosomes dans le déterminisme des êtres vivants et rejet des théories anglo-saxonnes, tout concourrait à stériliser la recherche française en biologie. Aux Etats-Unis, T.H. Morgan et son équipe développèrent dès 1910 la théorie chromosomique de l'hérédité. Il postula l'échange d'unités chromosomiques pendant la méiose<sup>[4]</sup> et mit au point une méthode qui permit de situer approximativement la position des gènes sur les chromosomes. Lorsque Cuénot rencontra Morgan en 1921, il ne put que se rendre, tout comme le biologiste Maurice Caullery quelques années plus tôt, à l'amer constat du retard dramatique de la France face à la vigueur américaine due à l'initiative privée. Caullery lui-même accusa la tradition des lettres et des arts chère à la bourgeoisie française et la frilosité du clergé catholique encore puissant dans les mentalités. D'un point de vue conceptuel, les biologistes français tels Felix Le Dantec (voir encadré) se confinaient dans un néolamarckisme réductionniste.

Et pourtant, les preuves de la non-hérédité des caractères acquis s'accumulaient. Mais Morgan et Cuénot devront tout de même attendre 1931 et 1935 pour être accueillis à l'Académie des sciences, véritable temple du lamarckisme, qui n'admit Darwin qu'en 1878 et encore dans la section botanique!

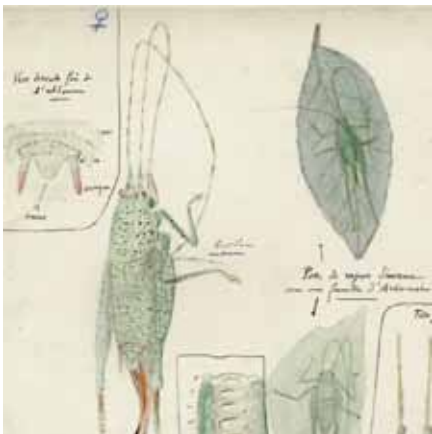
A cette époque s'échafaudait aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne, la théorie synthétique de l'évolution : cette théorie tenta d'unifier

le darwinisme (petites mutations fortuites et sélection naturelle) avec la génétique de l'époque (lois de Mendel, théorie chromosomique de l'hérédité, génétique des populations) ajoutant l'envergure des temps géologiques avec l'apport de la paléontologie. Ses premiers artisans estimaient suffisante l'explication selon laquelle les êtres vivants évoluent au hasard des petites mutations chromosomiques triées par la sélection naturelle et avec le concours de la durée. Cuénot était alors le seul français cité dans les biographies anglo-saxonnes... ■

Félix Le Dantec (1869-1917) fut le chef de file d'une génération de jeunes scientifiques des plus virulents : voici ce qu'on pouvait lire en 1903, sous sa plume : Un œuf d'homme est simplement de la substance d'homme qui peut vivre par elle-même, elle assimile et prend fatalement la forme d'un homme [...]. L'origine de cette substance d'homme ou autre est à rechercher dans l'hérédité des caractères acquis : un enfant nourri de pain ne prendra pas la forme d'un nourri de viande [...] mais une substance de manchot ne donne pas un manchot, une substance de chinoise pied-bot ne donne pas de chinois pied-bot [...] car il faut que le caractère acquis l'ait été par les deux sexes ».



Arbre de l'évolution de Lucien CUENOT (1866-1951)  
Visible au Muséum-Aquarium de Nancy



Phasme, aquarelle de CUENOT

# Le néodarwinien insatisfait



Pendant le congrès 'Paléontologie et Transformisme' de 1947, dans le parc Montsouris avec G.G. Simpson, Mme Haldane, J.B.S. Haldane, J.Viret, D.M.S. Watson, L. Cuénot, Melle Deschaseaux, M. Guillaumo et P. Teilhard de Chardin.

A partir du congrès Paléontologie et transformisme de 1947 réunissant pour la première fois français et anglo-saxons autour de l'évolution, Lucien Cuénot, face à cette théorie néodarwinienne, se rangea parmi les néodarwiniens insatisfaits comme Caullery ou Teilhard de Chardin. D'une façon générale, l'adaptation des êtres vivants à leur environnement, leur potentiel évolutif, le développement de l'individu, ne trouvaient pas d'explication suffisante dans ce nouveau cadre. Cette insatisfaction n'était pas nouvelle : nombreux tout comme Cuénot dès 1897 butèrent d'abord sur l'importance à accorder les pleins pouvoirs à la sélection naturelle.

La sélection aveugle, telle qu'elle était entendue à cette époque, possède au mieux un rôle conservateur, éliminant les inaptes mais ne créant rien, n'étant pas constructrice dans le détail comme les ajustements morphologiques et leurs corrélats instinctifs rendant bon nombre d'observations naturalistes ininterprétables dans ce cadre conceptuel. Fort de ce scepticisme, et certain que l'adaptation des êtres vivants à leur milieu ne devait rien à un quelconque lamarckisme, Cuénot avait pourtant apporté un élément nouveau au transformisme avec sa théorie de la préadaptation élaborée en Lorraine. (voir encadré) ■

Aujourd'hui la théorie de l'évolution a intégré une composante biochimique (la génétique moléculaire), l'organisme individuel (biologie du développement), et les populations (polymorphisme génétique = coexistence de plusieurs versions d'un même gène, génétique écologique, sociobiologie).

De nouveaux modèles sont venus s'imposer avec le temps, même si leur acceptation n'est pas toujours unanime :

- ▶ celui de S.G.Goud, non strictement darwinien: la contingence historique plutôt que tirage aléatoire, la prise en compte de la morphogenèse de l'individu et des contraintes de développement, l'apparition précoce des grands plans d'organisation du vivant par décimation,
- ▶ la théorie neutraliste de l'évolution moléculaire de M. Kimura, non darwinienne non plus : le maintien du polymorphisme génétique pourrait être dû au fait qu'il est évolutivement neutre, ce qui revient à minimiser le rôle de la sélection naturelle,
- ▶ la théorie sélectionniste du gène égoïste de R. Dawkins : version revisitée d'une théorie plus ancienne, les individus ne sont que des artifices inventés par les gènes pour se reproduire,
- ▶ l'hypothèse darwinienne de la reine rouge de L. Van Vallen : chaque espèce confrontée aux innovations des autres doit évoluer pour rester dans la course.

# Un travail de naturaliste en Lorraine :

Entre 1901 et 1909 Lucien Cuénot fit de nombreuses observations sur la faune cavernicole ou des mares salées en Lorraine. Celles-ci lui permirent d'émettre l'idée de la rencontre d'une place vide avec une faune avoisinante par hasard préadaptée. Tout se passe donc comme si certaines espèces possédaient déjà, dans un milieu forcément voisin, le potentiel génétique capable d'exprimer la morphologie, la physiologie et le comportement ad hoc.

De plus Cuénot ne cessait de situer sa réflexion au niveau du développement ontogénique de l'être, ce grand oublié de la théorie synthétique. Il avait intimement pressenti le mécanisme interne rendant compte de convergences curieuses entre taxons<sup>(5)</sup> différents - appelé potentiel évolutif dès 1932 - que la découverte des gènes de développement, ainsi que la multifonctionnalité des gènes ont permis d'explicitier. ■

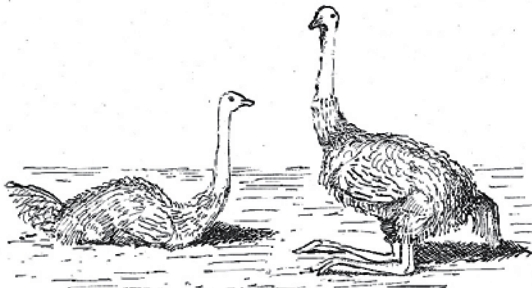


Fig5 : Les callosités de l'autruche (dessins de Cuénot)

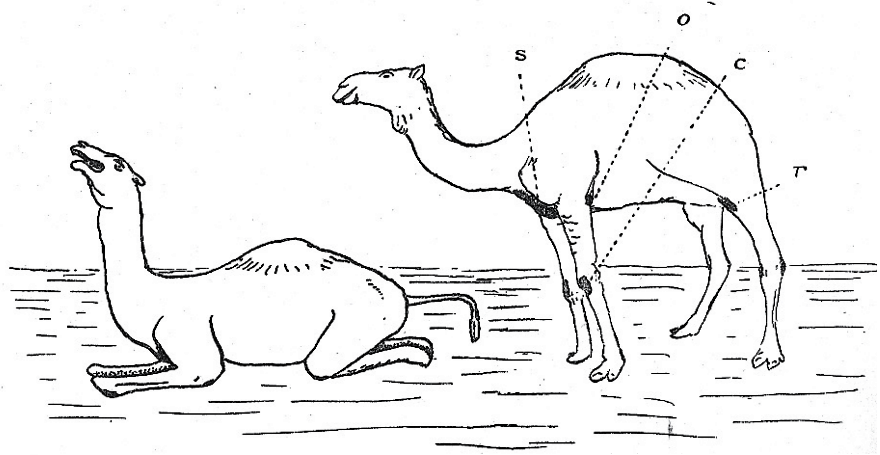


Fig6 : Les callosités du dromadaire

## L'argument des callosités du phacochère

Lucien Cuénot tenait cet exemple pour l'un des plus finaliste de la vie, le seul qui empêchait d'abandonner complètement l'hypothèse de l'hérédité de l'acquis (même s'il la considérait comme inconcevable et indémontrée avec les connaissances de l'époque). Il fut source d'inspiration pour C.H.Waddington, dès 1942. Cet autre insatisfait du néodarwinisme strict de la Théorie Synthétique de l'Evolution, proposa un modèle - qui se voulait pourtant darwinien orthodoxe - de développement appelé assimilation génétique (Organisers and genes, 1947). Ce sanglier africain est le seul de sa catégorie à fouiller le sol avec ses grosses canines et son museau en s'agenouillant sur ses poignets. Or il possède une forte callosité cornée héréditaire et présente chez l'embryon, exactement à l'endroit qui frotte le sol (fig4). Ce type de callosités se retrouve aussi associé au comportement adéquat chez les nandous, autruches (fig5), dromadaires (fig6) et chameaux. Pour Cuénot, on ne pouvait pas ne pas lier le besoin et l'invention, ce qui revenait à attribuer une propriété téléologique à la matière. ■

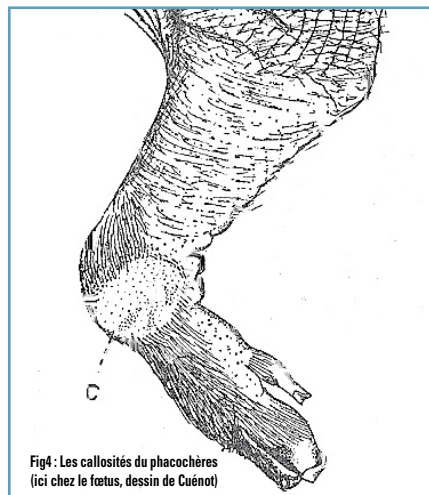


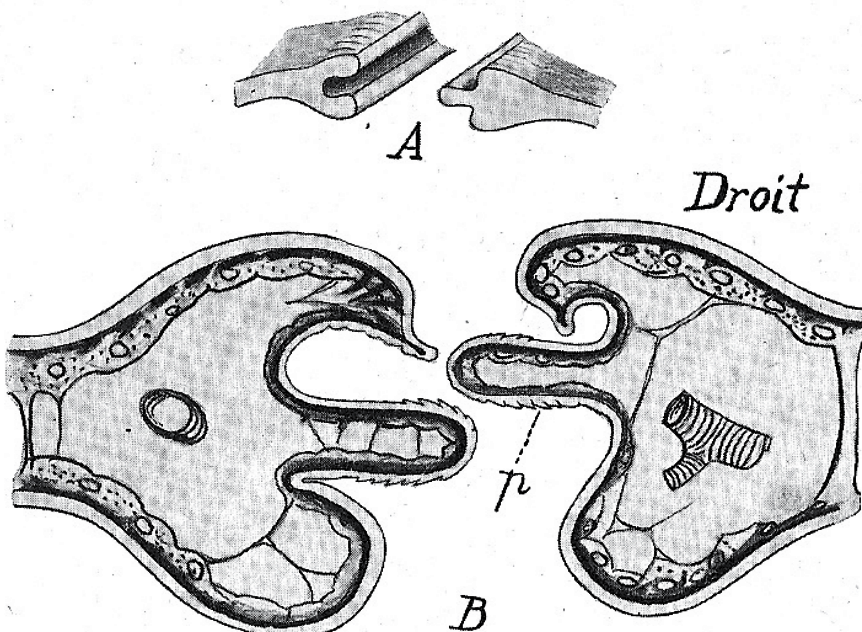
Fig4 : Les callosités du phacochères (ici chez le fœtus, dessin de Cuénot)

(5) : Groupe d'organismes vivants qui descendent d'un même ancêtre et qui ont certains caractères communs. Les embranchements, classes, ordres, familles, espèces... sont des taxons.

# La nature, bricoleur de génie

« Vers 1881, un fabricant de gants, Joseph Mertz, inventa dit-on, le bouton-fermoir à ressort, ou bouton-pression... » : c'est ainsi que le premier généticien français nouvellement admis à l'Académie des sciences, introduisit son discours le 23 octobre 1935, à la séance publique annuelle des cinq académies. La pince tridactyle de l'oursin, le bouton-pression de la carapace du crabe, les canules perforées de côté et injectant un liquide toxique ou paralysant, retrouvé aussi bien chez les araignées, les scorpions, ou le fourmilion. Ces pièces ont toutes à l'origine un détournement de pièces anatomiques de leur fonction première (le crochet perforé et creux de la larve de fourmilion est une fusion de pièces buccales) et donc ne trouvent pas d'origine évolutive commune. Cuénot admettait bien déjà que des progrès en biochimie aideraient à la compréhension de ces subtilités évolutives, mais une fois découvertes, et elles le furent, elles n'éteindraient pas totalement la soif de connaissance du héros de Georges Duhamel. Car l'approche réductrice du vivant est

bien incapable de prendre en compte des faits d'observation naturaliste comme la morphogénèse de ces merveilleux organes-outils d'une extrême précision, que Cuénot baptisa coaptations : il entendait par là un système de pièces qui fonctionnent ensemble vers un même but et qui ne peuvent pas relever du hasard et de la sélection, peu compatibles avec la survie (fig7). Une aile imparfaite, un aiguillon à venin mal fini ne donnent aucune chance à son possesseur de les transmettre. Les outils inventés par les hommes sont bien souvent imparfaits, ou demandent un entretien et une amélioration constante, et surtout un concepteur. A l'origine de ces outils, il y aurait selon Cuénot un « plan » dans la matière même, une sorte de démon organisateur. A cette époque, il fallait nécessairement se classer parmi les réductionnistes qui ne voyaient que hasard aveugle d'une vie sans but ou parmi les spiritualistes qui voyaient un sens à l'évolution. Cuénot, éloigné du panier de crabes parisien, se rangea maladroitement dans le second clan, signant par là son entrée au purgatoire. ■



Les coaptations, terme créé par Cuénot, paraissent pour le zoologiste nancéien difficilement explicables par le hasard aveugle et la sélection naturelle : il s'agit d'adaptations fonctionnelles extrêmement précises, telles que celles qui relient les ailes de l'abeille et qui reposent sur un système perfectionné de rail de guidage : les ailes ainsi fixées ne forment qu'un seul plan en vol. (dessin de Cuénot)

# Ni Dieu, ni maître

« Une grave maladie menace la biologie générale : c'est l'intrusion dans la pensée scientifique d'une intolérance philosophique et même politique, qui tend à délimiter une doctrine quasi officielle, en dehors de laquelle il n'est point de salut » écrivait-il dans son ultime ouvrage paru en 1951. Ses modèles biologiques agacèrent les uns, d'autres les évacuèrent car sans intérêt puisque sans réponse dans l'état des connaissances d'alors. Ils apportèrent de l'eau au moulin de ceux qui voulurent y voir là la preuve d'un dessein transcendant d'origine divine. Or Cuénot était agnostique, il eut même des rapports personnels houleux avec la religion dominante et combattit vivement les derniers soubresauts du créationnisme en France. Marcel Prenant, personnage important du Parti Communiste, défenseur d'une biologie marxiste basée sur le matérialisme dialectique contribua à laisser un portrait inexact et injuste de Cuénot : « J'ai été flétri du nom de théologien, je ne pense pas avoir mérité cet excès d'honneur et d'indignité » s'exclamait-il en 1948. Les débats qui agitèrent ce petit monde sont rendus obsolètes par nombre de découvertes. Mais l'approche scientifique sur laquelle s'est assise la biologie moléculaire, issue de cette théorie se montre incapable de prendre en considération le vivant dans son originalité. Ainsi, longtemps, l'impossibilité théorique d'un mode de transmission de l'information de l'environnement cellulaire au génome masqua les mécanismes épigénétiques. La multifonctionnalité des gènes rend plus difficile l'explication simpliste d'un avantage sélectif à tous les niveaux. Nombre de voix - suivant en cela l'écho fort lointain de l'intuition de Cuénot - s'élèvent dans la communauté scientifique pour admettre que la théorie de l'évolution mériterait d'être réactualisée. Encore faudrait-il que nous portions un regard différent sur le vivant. C'est la relation de l'homme au monde qui fonde les découvertes. Du passé, Lucien Cuénot, biologiste lucide et critique mais aussi homme de terrain curieux et amoureux de la nature, nous le rappelle. ■



# Rencontre Propos recueillis par Christophe Hanesse avec Annette Lexa-Chomard

Docteur es sciences, auteure en histoire des sciences

**Christophe Hanesse :** Vous avez étudié en détail la vie de Lucien Cuénot. Qu'est-ce qui mérite un tel intérêt ?

**Annette Lexa-Chomard :** *Lucien Cuénot était un homme qu'on ne peut qu'admirer, c'était un personnage attachant, vraiment animé du « feu sacré », passionné par la recherche et par la transmission du savoir. Il aimait provoquer aussi bien dans ses discours que dans sa manière d'être à une époque qui était très conformiste, avec notamment l'influence encore importante de la religion sur la société. En effectuant des recherches sur cet homme pour la Ville de Nancy au Muséum de la rue Sainte Catherine à Nancy, à l'Académie nationale de Metz ou dans sa famille, je suis tombée sur une pépite d'or : une bibliothèque privée, des archives, beaucoup de correspondances, un véritable trésor ! Lorsqu'on étudie les écrits scientifiques, on finit par se fondre dans la pensée de l'auteur : c'est passionnant ! Et j'ai eu la surprise de découvrir que son travail de chercheur reste une référence en la matière. Il n'avait pas peur, il était très ouvert et cela ne le dérangeait pas d'abandonner une hypothèse, et même une théorie, de s'incliner devant les faits.*

**C. H. :** Et pourtant la société française ne lui laissa que peu de chances...

**A. L.-C. :** *La France a mis du temps à accepter l'idée que les organismes dépendaient de particules génétiques situées dans le noyau des cellules. Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, le courant de pensée dominant était le néolamarckisme : l'idée que les êtres vivants évoluent et s'adaptent sous la pression de leur environnement. Dans une France hygiéniste, pasteurienne, on pensait plus à changer l'homme en changeant les conditions de l'environnement. Un étudiant qui aurait fait une thèse de doctorat avec Cuénot dans les années 1910-1920 aurait ruiné sa propre carrière ! Imaginez qu'à cette époque, la génétique était la risée des scientifiques de la Sorbonne !*

*Dans les années 1930-1940, l'idéologie communiste touchait tous les milieux intellectuels et la génétique, considérée comme une science bourgeoise, était haïe. L'idéologie politique n'est jamais innocente dans l'avancée des sciences.*

*Mais le fait qu'il se soit installé à Nancy, à l'écart du petit parisianisme, l'a beaucoup aidé. Loin de la capitale, il était libre. Une certaine rigueur germanique, sa proximité avec les scientifiques ayant fuit l'occupation en Alsace-Lorraine annexée lui a été profitable.*

**C. H. :** Outre ses travaux universitaires, il était également un homme de terrain...

**A. L.-C. :** *Cuénot est l'un des derniers grands naturalistes du XX<sup>ème</sup> siècle. Il avait cette capacité d'englober tout le règne vivant avec une approche écologique. Ce qui l'intéressait, c'était d'étudier l'animal dans son environnement et de voir de quelle manière il s'adaptait à cet environnement. C'était un curieux qui n'avait aucun a priori dogmatique. En Lorraine, on bénéficie d'un environnement exceptionnellement varié et Cuénot se rendait souvent dans des grottes, d'anciennes mines de fer où il pouvait observer des espèces cavernicoles. Il a également étudié l'adaptation des animaux dans les mares salées près de Vic-sur-Seille. Il a fait venir les premiers phasmes dans les années 20. Il en a élevé puis s'est intéressé à leur développement : quand un animal perd une antenne, une patte peut pousser à sa place. Cuénot comprit très tôt l'importance du développement embryonnaire. L'observation minutieuse de l'anatomie des animaux l'a poussé à se passionner pour les « outils » des êtres vivants, ce qui a attiré l'attention des philosophes de l'époque. A plus de 80 ans, il continuait à faire des travaux d'observation sur le terrain ! Il a toujours été attentif à ne pas déconnecter son travail scientifique de l'observation de terrain. C'est ce qui manque aujourd'hui, cette vision globale du vivant chez un même scientifique.*

**C. H. :** A son arrivée à Nancy, Lucien Cuénot est le premier à enseigner Darwin. Quel fut l'accueil réservé par ses étudiants ?

**A. L.-C. :** *Tout comme Jean Rostand à l'époque, ses étudiants débordaient d'enthousiasme. En France, à Nancy, Cuénot était l'un des seuls à enseigner la théorie de l'évolution de Charles Darwin. C'était un professeur extrêmement clair, avec un grand sens de l'humour qui a également contribué à l'enrichissement scientifique et à l'excellente réputation de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Nancy, où il a donné, très tôt, des cours de génétique. Cuénot donnait aussi des conférences publiques. Il avait cette faculté de passionner son auditoire, de rendre la science accessible à tous. Il a su enseigner la science avec humanisme, alors qu'à cette époque, l'eugénisme négatif faisait des ravages dans les pays anglo-saxons. Si on devait donner aux jeunes l'envie d'aimer la science, on devrait le faire par l'histoire et la philosophie. Si vous n'êtes qu'un chercheur, vous n'êtes qu'un super-technicien, il vous manque l'humanité.*

**C. H. :** Et si Lucien Cuénot avait vécu trois ans de plus ?

**A. L.-C. :** *Il aurait vécu, en 1953, la découverte de la structure hélicoïdale de l'ADN, la macromolécule constitutive des chromosomes. Ensuite, en une dizaine d'années, les hommes ont décrypté le code génétique, c'est-à-dire la manière dont l'ADN code la synthèse des protéines, les principales briques constitutives du vivant. Mais il a fallu encore une bonne trentaine d'années pour que nous en sachions suffisamment pour comprendre l'évolution en terme génétique. Loin des visions réductrices, Lucien Cuénot avait compris l'importance de la génétique dans le développement, mais en laissant la possibilité d'une influence de l'environnement (ce que nous appelons aujourd'hui l'épigénétique). Finalement, tout ce qu'il avait pressenti s'est confirmé. ■*



### **Yves COPPENS**

Au départ j'ai boudé Darwin. Un peu comme on boude les anglo-saxons, par pure et simple « tradition » française (il faut dire d'ailleurs que l'exercice est réciproque). Alors qu'en fait, quand on lit vraiment Darwin, on découvre un personnage à la pensée et à la réflexion puissantes. Un observateur hors du commun doté d'un esprit de synthèse et de déduction qui a eu la chance de commencer sa carrière par un tour du monde, un esprit logique qui l'a conduit à cette idée novatrice : celle de la sélection naturelle. A l'heure à laquelle nous fêtons à la fois son 200ème anniversaire et les 150 ans de son fameux ouvrage « On the Origin of Species by Means of Natural Selection » je me trouve plein d'admiration pour Darwin et ses idées.

J'arrive de Cape Town, où je viens d'assister justement à un colloque sur Darwin. Les orateurs s'y sont succédé et face à ces brillants historiens et théoriciens des sciences ne restait que l'homme de terrain que je suis. On me dit parfois au ras des pâquerettes, moi je dirais plutôt « au ras des squelettes ». Je suis un praticien, je cours les brousses depuis longtemps et aujourd'hui, cette course m'amène à la steppe d'Asie centrale, dans ces contrées lointaines où se pose la question de l'origine de l'homme moderne. En Mongolie, dans la mine d'or dans laquelle je travaille, j'ai tout de même été accueilli au pistolet ! Les chercheurs d'or n'aiment pas trop les témoins, alors que la seule chose qui m'intéresse ce sont les ossements, témoins eux-mêmes privilégiés d'une grande histoire qui débute il y a environ 70 millions d'années, celle des Primates.



# La Place de l'homme dans la théorie de l'évolution

Yves Coppens est paléontologue. Professeur honoraire au Collège de France, membre de l'Académie des sciences. Il est le découvreur, mondialement connu, de l'hominidé Lucy.



Le corps humain porte en lui le souvenir de son adaptation. L'évolution n'est ni un hasard aveugle, ni quelque chose de déterminé. Ce n'est pas non plus un dessein intelligent.

## Au commencement il y eu le primate



C'est en effet à cette période qu'apparaissent les primates, parmi les insectivores. Il se trouve qu'à ce moment-là, un changement s'opère dans la flore quand se mettent à pousser les angiospermes, les plantes à fleurs et à fruits. Certains insectivores s'adaptent à ce milieu (au grimper et à la consommation de fruits) et dans le corps du primate on retrouve bien sûr ces adaptations réalisées par sélection naturelle. La clavicle, par exemple, n'est pas faite pour mieux serrer son papa ou sa maman mais pour mieux serrer l'arbre auquel on grimpe. Par ailleurs si on a perdu nos griffes au profit d'ongles, c'est aussi pour saisir de manière plus confortable la branche

de l'arbre. C'est également pour cette raison que les ancêtres de l'homme ont gardé les cinq rayons des mains et des pieds ainsi que l'opposabilité du pouce. Cela permet au primate de saisir les branches et à l'homme de saisir le crayon ! Le corps humain porte ainsi en lui le souvenir de cette adaptation. De la même manière ont évolué les yeux. Le développement de l'oeil donnant une vision stéréoscopique et une vision des couleurs, vision en relief et en couleurs permettant de vivre dans les arbres, de sauter de branche en branche, d'apprécier les distances mais d'apprécier aussi en voyant les couleurs, le degré de maturité des fruits. ■

## Vers un lent développement du cerveau

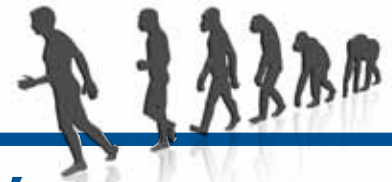
Les moulages endocrâniens réalisés aujourd'hui grâce au scanner nous apprennent que l'évolution du volume et de la complexité du cerveau s'est d'abord faite en douceur. Le système circulatoire de ce cerveau s'est compliqué lui-même peu à peu. Par ailleurs, la face s'est réduite aussi, réduction discrète, modeste, lente. Elle n'a plus la projection qu'elle avait auparavant et arrive à des formes plates qui seront bientôt les nôtres. Les dents quant à elles réduisent ou bien augmentent leur taille, la tendance des dents de la joue à la réduction est celle qui aboutira aux dents de l'homme. Les pré-humains vivant en effet dans des niches écologiques diversifiées, leur adaptation entraîne différentes tendances évolutives qui donneront naissance à un véritable bouquet de ces ancêtres. ■

## A la croisée des destins

Voilà donc les petits primates qui se développent comme tous les êtres vivants en fonction de leur niche écologique et de leur histoire géographique.

Il y a dix millions d'années, apparaît un autre changement de nourriture. Après la consommation des insectes et des fruits vient celle des racines et des tubercules. Du coup, les dents et l'épaisseur de leur émail évoluent. C'est le début de la bifurcation entre les ancêtres des grandes singes, les chimpanzés et les bonobos (qui sont nos parents les plus proches) et les ancêtres de l'homme. Rares sont les témoins qui nous aident à comprendre l'allure de cet ancêtre commun. Nous n'avons pour le moment que trois fossiles pour comprendre cette période : Chororapithecus, Nakalipithecus et Samburupithecus. Le premier vient d'Ethiopie, les deux autres du Kenya. A eux trois ils donnent une vague idée de ce à quoi ressemblait l'ancêtre commun des tout premiers pré-chimpanzés et des tout premiers pré-humains. Voilà ce qu'a été le grand carrefour.

Côté pré humain, nous avons un grand bouquet de formes : Orrorin, Lucy, plus récemment Ardi et puis les Australopithèques. Tous ont en commun le redressement du corps, démontrable par la structure même de l'os. A l'intérieur de l'os, il y a une structure de tissu que l'on appelle la structure trabéculaire, elle révèle les lignes de force du comportement. Chez tous les singes ces lignes de force sont parallèles car le corps se déplace souvent suspendu par les membres supérieurs, En tout cas la station debout n'est jamais permanente, Or dès qu'on arrive au pré-humain, le bassin, en plus de son rôle dans la locomotion et dans la parturition (l'accouchement), a un rôle dans le portage d'une partie du poids du corps. Cette charge influe donc sur la structure même de l'os et les trabécules, au lieu d'être parallèles, se croisent. Pour être plus solide, pour soutenir le reste du corps, elles forment un chiasma. La station debout permanente, continue donc bien de caractériser les pré-humains, autrement dit, notre sous-famille. Nous voilà ainsi face à des pré-humains, africains, tropicaux, debout, bipèdes et arboricoles. ■



## L'émergence de

J'ai beaucoup étudié la période se situant entre deux et trois millions d'années. Les cinquante tonnes d'os que j'ai ramassées dans le sud de l'Ethiopie peuvent l'attester. J'ai découvert et décrit à cette époque géologique une corrélation incontestable entre un changement climatique et l'émergence de l'homme. Cette corrélation se lit aussi très bien dans la flore et la faune. Toute la faune tente en effet de s'adapter à ce changement climatique et, parmi les animaux qui s'adaptent, un pré-humain va trouver comme solution un élargissement de son régime alimentaire. Il y a deux millions et demi d'années, apparaît la viande. Non pas par gourmandise mais par nécessité car il n'y a plus assez de végétaux. Les dents se transforment évidemment en conséquence. Le crâne change également, il est plus volumineux et le cerveau devient plus important, plus compliqué et mieux irrigué.

L'évolution n'est ni un hasard aveugle, ni quelque chose de déterminé. Ce n'est pas non plus un dessein intelligent. C'est une interaction compliquée entre la sélection naturelle, la sélection sexuelle,

# Un grand vivier d'ancêtres

Entre 10 millions d'années et 3 millions d'années (l'origine de l'Homme), il y a une nouvelle ouverture du paysage à 4 millions d'années. Les pré-humains ont en fait été découverts en milieux mosaïques, entre forêts (milieux couverts) et savanes (milieux découverts). Si ces gens sont debout et bipèdes, ils n'en grimpent pas moins, s'ils ont des arbres. S'ils sont bipèdes, c'est pour passer d'un petit bois à un autre. C'est pour cette raison qu'ils se sont mis à manger des racines et s'ils ont ensuite tout d'un coup élargi leur menu à la viande ce n'est pas pour rien ! J'ai beaucoup travaillé sur les éléphants. Ils m'ont souvent guidé. Or il y a quatre millions d'années toute une série de Proboscidiens s'éteignent. Ce sont en général les consommateurs de feuilles, alors que les consommateurs d'herbes que sont les éléphants apparaissent. A ce moment-là, il n'y a plus d'Orrorin, de Toumai, d'Ardipitèque, mais il y a les Australopitèques. Parmi eux il en est un qui ne grimpe déjà plus : Australopithecus anamensis. S'il ne grimpe plus c'est qu'il n'a plus d'arbres auxquels grimper. Il s'est adapté à un autre milieu, « découvert » par excellence. ■

## l'homme

les exaptations (évolutions de structures, vers une fonction qui n'est pas celle d'origine), le fitness, et la néo-sélection.

La tête de l'homme a grossi, son cerveau est un peu plus important, plus compliqué. Un seuil est passé. A ce moment-là, il est comme face à un miroir. Il devient conscient. La conscience « C'est savoir que l'on sait » disait Teilhard de Chardin. On dit aujourd'hui qu'il y a des consciences animales, ce dont je suis persuadé. Il n'empêche qu'avec l'homme, la conscience atteint un autre degré, un autre niveau. Comme on sait que l'on sait, on peut avoir un libre-arbitre, une liberté qui fait qu'au lieu d'utiliser un outil de manière directe, on va se saisir d'un caillou par exemple et le modifier selon ses besoins. C'est ce premier homme qui, en ayant eu l'audace de changer la forme d'un objet à son bénéfice, va être le premier à agir sur l'environnement. Il ne faut donc pas culpabiliser l'humanité pour son action sur son milieu. Elle ne fait que poursuivre une adaptation qui a été, en son temps, nécessaire à sa survie et à la nôtre : une sélection naturelle. ■

# Rencontre avec Yves Coppens

Propos recueillis par  
Valéry DUBOIS / Image Clé

Yves Coppens est paléontologue. Professeur honoraire au Collège de France, membre de l'Académie des sciences. Il est le découvreur, mondialement connu, de l'hominidé Lucy.



Valéry Dubois : Vous dites avoir boudé Darwin. A quel moment avez vous cessé de le boudier ?

Yves Coppens : Je l'ai beaucoup lu, de la manière la plus impartiale possible, et j'ai rencontré en effet un grand travailleur. Un homme doté d'un formidable esprit de synthèse. Quelqu'un qui a su utiliser ses prédécesseurs et ses contemporains à bon escient. Et puis la sélection naturelle demeure une réalité. Ma conférence à Cape Town s'intitulait : « Happy Birthday Charles Darwin ». Nous sommes réconciliés car après tout c'est un collègue.

V. D. : Quelles principales avancées de la paléontologie avez vous constaté durant votre carrière ?

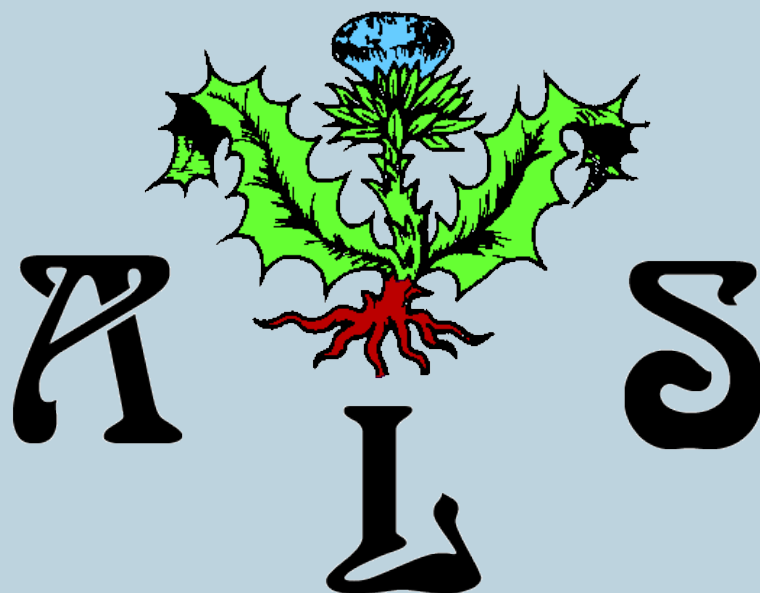
Y. C. : Une insécurité ambiante s'est traduite par une recherche de l'origine de l'homme. La recherche sur le terrain s'est développée. La médiatisation aussi. Un engouement a développé l'intérêt pour le passé, les racines. « La main tendue au passé nous rassure » me disent souvent les gens. Qui dit engouement dit plus de crédits et du coup, la possibilité de faire de plus grandes opérations sur le terrain. A partir de 1967, nous avons lancé de très grandes expéditions en Afrique. Nous avons des équipes d'une cinquantaine de personnes sur place, avec des chercheurs experts capables d'analyser les découvertes. Lorsqu'on a découvert Lucy, nous l'avons vraiment découpé en morceaux et un spécialiste s'est chargé d'étudier chaque partie de son anatomie. On est passé d'une exploitation artisanale à une organisation « semi-industrielle ». L'évolution des technologies a été considérable et nous avons su petit à petit nous les approprier ou passer des alliances avec les disciplines adéquates pour apprendre à nous en servir. L'électronique, l'informatique avec la possibilité de noter sur place toutes les données. Le développement des rayons X, le scanner a permis de se promener à l'intérieur de fossiles sans les briser. Les développements de la génétique, de la datation aussi, ont beaucoup servi à la paléontologie. Tout est allé très vite.

V. D. : Vous avez dit : « qu'il faudrait s'interroger sur la façon dont les gènes pourraient enregistrer certaines transformations de l'environnement car le hasard fait trop bien les choses pour être crédible »

Y. C. : C'est un constat de terrain. Je vois une faune, un écosystème en place et un changement climatique survient. 80% des bêtes vont s'adapter de la bonne manière, les autres vont échouer et s'éteindre. Cela paraît trop beau, le fait que les mutations aillent systématiquement dans le bon sens. Au delà de la transmission génétique incontestable, il y a d'autres transmissions. De plus en plus de monde partage ce point de vue alors qu'à l'époque ce n'était pas le cas. Je suis surpris que tant d'espèces aient juste le bon truc pour réagir de la bonne manière, et je me demande s'il n'y avait pas une action du milieu sur le gène, ou un bout de gène. Ce qui fait que, au final, l'adaptation devient génétique. Si le gène est capable de recevoir l'information du milieu et de susciter une transformation qui va dans le bon sens, cela facilite l'adaptation... J'ai raconté cela une fois à l'Académie des Sciences. François Jacob a bondi en disant : « Ça sent le soufre ici ! ». C'est en effet très peu orthodoxe, mais il ne s'agit pas non plus de revenir à Lamarck !

V. D. : Comment survit le créationnisme alors que tant de preuves scientifiques ont été accumulées en faveur de l'évolution ?

Y. C. : La foi mène le monde, cela ne se discute pas. Beaucoup de gens sont attachés sans nuance aux textes sacrés. A partir du moment où ces textes sont pris au pied de la lettre, on peut ne pas laisser de place à la science. Il y a des choses qui coïncident mais en dehors de ça, ces textes datent tous de quelque milliers d'années, une époque à laquelle on ne percevait pas la base de l'évolution biologique. Là où je deviendrais virulent c'est lorsqu'ils se servent de la paléontologie et la détournent. La science c'est l'hypothèse, le doute, le scepticisme donc cela s'oppose forcément à la foi car quand on a la foi, il ne peut y avoir de doute. Chercher des preuves du côté de la science, c'est tricher. Que le créationnisme, que l'islam se développent par ailleurs pourquoi pas ! Après tout je ne suis pas missionnaire. Reste que notre histoire est celle d'une matière qui ne cesse de se compliquer, de s'organiser. On a beau essayer de voir les choses autrement, on passe tout de même du quark à la molécule en augmentant la complexité et pas l'inverse, de l'unicellulaire dans l'eau à l'homme sur la terre, encore plus complexe. Nous représentons le contenant de l'état de la matière le plus compliqué qui soit. Ceci nous montre que l'histoire du monde a un sens, ce qui est rassurant. Mais par ailleurs, on se rend compte que l'homme est peu de chose dans la galaxie et quelque chose de considérable en même temps. C'est ce paradoxe que j'aime bien, qui peut se traduire par « mettre l'homme à sa place », une place qui est importante. Ma grand-mère me disait souvent « si toi tu descends du singe, sûrement pas moi ». Elle avait raison de vouloir préserver la dignité de l'homme. Il se trouve que ses racines sont animales mais cela n'a rien de réducteur. L'homme est libre, il est responsable de sa liberté mais n'en prends pas toujours conscience. Je crois en l'humanité. Je crois qu'elle ne cessera jamais de prendre ses responsabilités.



**Grand  
nancy**

communauté  
urbaine & humaine

ville de  
**Nancy,**

**Nancy-Université**  
Université  
Henri Poincaré

