

## LE JOURNAL DU CNRS numéro 227 Décembre 2008

TITRE : Le monde selon Darwin

SOMMAIRE GENERAL :

[Aéronomie Le ciel sous haute surveillance](#)

[Génomique Chez le melon, un seul gène contrôle le sexe](#)

[Thérapies Une piste contre l'ostéoporose](#)

[Physique Un phénomène quantique observé en 3D](#)

[Chimie Paris sous les tropiques](#)

[Santé Un espoir pour une grave maladie de l'œil](#)

[Volcanologie Dans les entrailles du Vésuve](#)

[Anthropologie Rodéo à la mexicaine](#)

[Fire Onelab2 : l'internet du futur prend de la vitesse](#)

[Année polaire internationale Une saison à Concordia](#)

[Médaille d'or du CNRS Le pionnier du génome](#)

[Base de données La sculpture gauloise en deux clics](#)

[Instrument Du renfort pour l'imagerie médicale](#)

[Brèves](#)

[Enquête ; 150 ans après, le monde selon Darwin](#)

### Aéronomie Le ciel sous haute surveillance

Alors qu'il vient de fêter son cinquantième anniversaire, le Service d'aéronomie (SA) (Ce laboratoire commun au CNRS, à l'université Paris 6 et à l'université Versailles St-Quentin a été dirigé par des scientifiques illustres, dont Gérard Mégie, président du CNRS de 2000 à 2004) nous a ouvert ses portes. De l'étude de l'atmosphère des corps célestes à la traque de la vie extraterrestre, découverte des missions d'un laboratoire renommé qui a bien les pieds sur terre. *Vers quelle planète je vous emmène ?* » Ainsi nous accueille Christian Malique, responsable du département technique du Service d'aéronomie, sur le site de Verrières-le-Buisson, dans l'Essonne. Une question posée à l'entrée d'un dédale de couloirs souterrains abritant des salles d'expérimentation aux noms plus mystérieux les uns que les autres : « Phébus », « Pampre », « Moma »... Déjà surpris par l'extérieur du site, un ancien fort militaire datant de 1875 au cœur d'une forêt luxuriante, nous embarquons pour... Titan ! Derrière la porte, trois jeunes chercheurs – parmi les 140 personnes environ qui œuvrent au SA – dans la pénombre. Au centre de la pièce, une lumière rose hypnotisante... « *Cette couleur provient d'un plasma* (Un plasma est un quatrième état de la matière : l'état d'un gaz ionisé qui devient en particulier un très bon conducteur et émet un rayonnement électromagnétique, phénomène visible dans les aurores boréales ou la foudre, par exemple). *Celui-ci simule la physico-chimie qui se produit dans l'atmosphère de ce satellite de Saturne*, déclare Guy Cernogora, chercheur en charge du projet Pampre. *Cette réaction aboutit à la formation de fines particules organiques, telles qu'observées par la sonde spatiale Huygens. Nous les étudions de près car elles pourraient nous donner des indications sur l'origine de la vie sur Terre.* » Mais la visite reprend déjà au pas de charge, direction... Mercure. Deuxième salle, deuxième ambiance. Un jeune ingénieur en gants blancs assemble le prototype de Phébus, un spectromètre ultraviolet destiné à équiper une sonde qui devrait partir en 2013 et arriver sur Mercure en... 2020. « *Cet instrument permettra de caractériser la composition et la dynamique de l'exosphère*

(L'exosphère d'une planète est la dernière couche de son atmosphère. Dans le cas de Mercure, cette dernière est très ténue : on l'assimile donc à l'exosphère) *de Mercure* », explique Pierre-Olivier Mine. En effet, excités par le rayonnement solaire, les atomes de l'exosphère émettent des photons, dont le spectromètre captera la longueur d'onde caractéristique. À peine sortis de la pièce, nous tombons nez à nez avec une tête de fusée soviétique M 100 de la Seconde Guerre mondiale. Puis, nous enchaînons avec la salle « Moma ». Ici, David Coscia et ses collègues mettent au point un « chromatographe en phase gazeuse » : « *Cet appareil traquera les traces de vie sur la planète rouge. Comment ? En analysant les échantillons de sol que prélèvera la sonde européenne Exomars, dont le lancement vient à l'instant d'être repoussé de 2014 à 2016* », nous explique-t-il, avant de nous entraîner vers la salle blanche. Celle-ci, complètement vitrée, contient un air filtré en permanence pour éviter toute contamination. Au centre, sur la table : cinq petites bobines. « *En cas de besoin, ces chromatographes sont destinés à remplacer ceux que nous avons fournis à la Nasa pour la mission américaine MSL, une mission analogue à Exomars, qui atteindra Mars en 2010.* » Durant ces missions, tout l'enjeu consistera à analyser correctement un véritable prélèvement, « *ce qui est plus délicat à réaliser que les mesures par télédétection obtenues par satellite* », ajoute Franck Montmessin, jeune chercheur en charge de l'un des instruments d'Exomars. « Télédétection » : ce terme résume bien ce qui a fait, et fait encore, la renommée mondiale du Service d'aéronomie, notamment grâce aux fameux « lidars ». « *Le lidar est un laser pulsé*, précise Alain Hauchecorne, directeur du SA. *Lorsqu'il entre en contact avec les différents composants atmosphériques, il est renvoyé à des longueurs d'onde caractéristiques de ceux-ci. L'analyse de ces longueurs d'onde permet de déterminer et de quantifier ces composants présents sur le parcours du laser.* » Des lidars du laboratoire équipent aujourd'hui les observatoires de haute Provence, de Dumont d'Urville (Antarctique), d'Alomar (Norvège) et de l'Île de la Réunion. Mais aussi certains avions, comme ce fut le cas en 2008 dans le cadre de la mission Polarcat, en Arctique. Principal objectif : la surveillance de l'ozone stratosphérique et troposphérique mondial, dont le laboratoire coordonne la contribution française. « *En combinant ces résultats aux mesures réalisées par des spectromètres au sol et sur ballons et montgolfières, nous avons mesuré une diminution de 3 % de la quantité mondiale d'ozone entre 1991 et 2001, annonce Philippe Keckhut, en charge de la coordination des mesures lidars au sol. La baisse atteint même jusqu'à 50 % aux pôles certains hivers !* » Ces données permettent aussi de valider les mesures fournies par les satellites d'observation, au premier rang desquels Envisat avec l'instrument Gomos. Dans son bureau où s'entassent des monticules de dossiers aux noms évocateurs (Mars Express, Venus, Nasa...), Jean-Loup Bertaux nous en explique le fonctionnement. « *Gomos mesure le spectre de la lumière émise par une étoile. En comparant ce dernier avec celui de la même étoile quand elle traverse l'atmosphère terrestre en se couchant, on en déduit l'absorption de lumière caractéristique des composants de l'atmosphère terrestre, parmi lesquels l'ozone.* » CQFD. Via cette technique dite d'« occultation d'étoiles », Gomos réalise pas moins de 400 profils par jour depuis 2002 : un travail qu'il poursuivra jusqu'en 2011. Le but est d'établir une cartographie entre 15 et 100 kilomètres d'altitude de la concentration d'ozone et d'autres constituants atmosphériques autour de la Terre, pour en tirer une tendance sur dix ans. « *Deux autres de nos instruments sont actuellement en orbite pour étudier l'atmosphère de Mars et de Vénus. Nous profitons aussi du second pour le pointer vers la Terre afin de nous entraîner à mesurer les indicateurs (ozone, chlorophylle...) à rechercher sur les exoplanètes pour y trouver la vie* », s'enthousiasme Éric Villard en nous présentant les instruments de rechange. On l'aura compris, la force du Service d'aéronomie vient de son savoir-faire en termes de mise au point d'instruments de mesure toujours plus sophistiqués et miniaturisés. « *Une mesure bien faite [...] survivra, les modèles (Mathématiques) qui tenteront d'en rendre compte passeront !* », lançait souvent Jacques Blamont, le créateur du SA, dont les photos ornent les murs et

alimentent encore les discussions de couloirs. Mais si les mesures sont les « *mamelles de la science* », comme se plaît à les nommer Franck Montmessin, « *on ne peut plus aujourd'hui lancer une campagne de mesures sans savoir à l'avance comment leurs résultats seront exploités* », prévient Slimane Bekki, un des modélisateurs du laboratoire. En cause : l'accumulation de résultats dans des bases de données sous-exploitées. Son équipe a donc développé des modèles assimilant toutes ces données pour simuler le transport et la chimie de gaz importants dans la stratosphère terrestre (ozone, méthane, oxydes d'azote...). Un d'eux, Reprobus, sera utilisé pour la partie « chimie » des prochaines prévisions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) et a même été adapté à l'atmosphère de Mars et de Vénus. Mais le SA ne s'arrête pas aux atmosphères planétaires. Ses chercheurs s'intéressent aussi à celle des comètes, via la participation aux missions embarquées sur la sonde européenne Rosetta et par des expérimentations en laboratoire. Le Service étudie également le Soleil sur le « terrain ». Le labo a ainsi fourni un triple spectromètre à la Station spatiale internationale et participe aussi à la mission Picard, qui sera embarquée sur un satellite courant 2009. Toujours plus loin, l'équipe part même à la découverte du milieu interplanétaire et interstellaire ! « *À partir des mesures fournies par le satellite Soho, nous avons été les premiers à mettre en évidence une distorsion de l'héliosphère autour du Soleil*, déclare ainsi Rosine Lallement. *Une découverte ensuite validée par les sondes américaines Voyager, les premières à avoir franchi la frontière entre l'héliosphère et le milieu interstellaire.* » Ce dernier est aujourd'hui l'objet d'étude de la chercheuse qui en établit la cartographie via des observations par télescope au sol, mais aussi par satellite. C'est donc la tête dans les étoiles que le visiteur part de ce lieu fascinant. Un site que les chercheurs de Verrières-le-Buisson quitteront en 2010 pour se regrouper avec une partie de leurs confrères du Centre d'études des environnements terrestres et planétaires (CETP) (Laboratoire CNRS Université Versailles St-Quentin Université Paris 6), à Guyancourt (Yvelines), au sein du nouveau Laboratoire « Atmosphères, milieux, observations spatiales » (Latmos). Une page se tourne, mais l'aventure continue... vers d'autres cieux.

Jean-Philippe Braly

Contact

Christian Malique, [christian.malique@aerov.jussieu.fr](mailto:christian.malique@aerov.jussieu.fr)

Guy Cernogora, [guy.cernogora@aerov.jussieu.fr](mailto:guy.cernogora@aerov.jussieu.fr)

Pierre-Olivier Mine, [pierre-olivier.mine@aerov.jussieu.fr](mailto:pierre-olivier.mine@aerov.jussieu.fr)

David Coscia, [david.coscia@aerov.jussieu.fr](mailto:david.coscia@aerov.jussieu.fr)

Franck Montmessin, [franck.montmessin@aero.jussieu.fr](mailto:franck.montmessin@aero.jussieu.fr)

Alain Hauchecorne, [alain.hauchecorne@aerov.jussieu.fr](mailto:alain.hauchecorne@aerov.jussieu.fr)

Philippe Keckhut, [philippe.keckhut@aerov.jussieu.fr](mailto:philippe.keckhut@aerov.jussieu.fr)

Jean-Loup Bertaux, [jean-loup.bertaux@aerov.jussieu.fr](mailto:jean-loup.bertaux@aerov.jussieu.fr)

Éric Villard, [eric.villard@aerov.jussieu.fr](mailto:eric.villard@aerov.jussieu.fr)

Slimane Bekki, [slimane.bekki@aero.jussieu.fr](mailto:slimane.bekki@aero.jussieu.fr)

Rosine Lallement, [rosine.lallement@aerov.jussieu.fr](mailto:rosine.lallement@aerov.jussieu.fr)

[Retour](#)

### **Génomique : Chez le melon, un seul gène contrôle le sexe**

Qu'est-ce qui détermine le sexe d'une plante ? Pour le melon, il ne s'agit que d'un seul et unique gène, comme viennent de le découvrir les chercheurs de l'Unité de recherche en génomique végétale (URGV) (Unité CNRS Inra Université Évry), à Évry. Une première dans le monde végétal. Chez Cucumis melo, le sexe est un peu particulier. La majorité des variétés cultivées possède des fleurs mâles et des fleurs hermaphrodites (avec les organes des deux sexes) sur un même plant. Un phénomène appelé andromonoécie. « *La présence de fleurs hermaphrodites permet à la plante de s'autoféconder, tandis que les fleurs mâles augmentent*

*sa capacité à disséminer ses gènes, en fécondant d'autres plantes »*, explique Adnane Boualem, co-auteur de l'étude publiée dans la revue Science. C'est en cherchant l'origine moléculaire de ce caractère sexuel avantageux que les biologistes sont tombés sur le fameux gène, baptisé CmACS-7. Il code pour une enzyme clef de la synthèse de l'éthylène, une molécule impliquée dans divers processus biologiques de la plante et dont on savait déjà qu'elle pouvait agir sur son sexe (elle est en effet utilisée par les agronomes). Et c'est une mutation unique qui provoque l'andromonoécie des melons. Ceux dont le gène est normal possèdent quant à eux des fleurs mâles et femelles. Comment la mutation génétique influence-t-elle sur le sexe du melon ? « *L'expression du gène CmACS-7 au niveau des ébauches des organes reproducteurs femelles, les carpelles, y entraîne la synthèse d'éthylène, répond Abdelhafid Bendahmane, co-auteur de l'étude. Cette hormone inhibe ensuite le développement des organes mâles, les étamines, aboutissant ainsi à une fleur femelle. Chez les plantes mutées, la synthèse de l'éthylène est bloquée et les organes mâles se développent aux côtés des organes femelles, d'où la présence de fleurs hermaphrodites.* » L'analyse de près de 500 variétés cultivées de melons en provenance du monde entier a démontré que la mutation à l'origine de l'andromonoécie chez cette espèce est sans doute survenue récemment et sur une seule variété. « *Aujourd'hui, les variétés de melons andromonoïques issues de cet ancêtre commun sont très largement réparties géographiquement*, indique Abdelhafid Bendahmane. *C'est probablement le fait des agronomes, car l'andromonoécie est liée à la faculté de se reproduire en l'absence d'insectes pollinisateurs, ainsi qu'à un taux élevé de sucre dans le fruit.* » Reste à identifier la variété sur laquelle est apparue cette mutation, et à retracer l'histoire de sa fulgurante dispersion géographique.

Marie Lescroart

Contact Abdelhafid Bendahmane [bendahm@evry.inra.fr](mailto:bendahm@evry.inra.fr)

[Retour](#)

### **Thérapies Une piste contre l'ostéoporose**

Un nouveau traitement contre l'ostéoporose est peut-être né. Des chercheurs niçois de l'Institut de signalisation, biologie du développement et cancer (Laboratoire CNRS université de Nice), en collaboration avec l'Inserm, le service de rhumatologie du CHU de Nice et l'université de Graz, en Autriche, viennent en effet de montrer le rôle clé d'une hormone naturelle, l'ocytocine, pour contrer cette maladie qui touche un tiers des femmes de plus de 50 ans et augmente le risque de fracture des os. Chez les patients atteints d'ostéoporose, les os se fragilisent à la fois parce que la fabrication de cellules osseuses ralentit et parce que la graisse s'accumule dans la moelle osseuse. Partant de ce double constat, les biologistes ont eu l'idée de travailler sur les cellules souches dites multipotentes, présentes dans le tissu adipeux (la graisse) et dans la moelle. « *Ces cellules souches ont la faculté de se transformer soit en cellules osseuses, soit en cellules adipeuses* », explique Ez Zoubir Amri, chercheur de l'IBDC. Ainsi, favoriser l'apparition de nouvelles cellules osseuses pourrait sans doute permettre de contrecarrer la maladie. Reste à savoir comment. Rapidement, les biologistes suivent la piste de l'ocytocine. Ils découvrent en effet que ces cellules souches portent des récepteurs à cette hormone. Par ailleurs, chez la souris modèle, la quantité d'ocytocine diminue avec l'apparition de la maladie. Ils montrent alors que c'est la quantité d'ocytocine que reçoit chaque cellule qui dicte son avenir. Avec peu d'hormone elle devient une cellule grasseuse, et au-delà d'un certain seuil elle devient une cellule osseuse. Administrer de l'ocytocine pourrait donc rétablir la fabrication de cellules osseuses. Pour le vérifier, ils traitent par une injection quotidienne d'hormone des souris malades. Résultat concluant : « *La maladie a été fortement atténuée au bout de huit semaines* », indique Ez Zoubir Amri. Aujourd'hui, les chercheurs ne cachent pas leur espoir de voir un jour leur découverte profiter aux malades. « *Premier pas : nous avons montré que la quantité d'ocytocine diminuait aussi chez les femmes atteintes d'ostéoporose.*

*Pour le traitement, les tests cliniques devraient commencer dans les années qui viennent »,* précise le biologiste. L'ocytocine a plusieurs avantages : outre son prix peu élevé (elle est facile à produire en grandes quantités), elle n'a pas les effets secondaires néfastes des traitements hormonaux existants à base d'œstrogènes. Une piste pleine de promesses donc pour les malades.

Pierre Mira

Contact Ez Zoubir Amri [amri@unice.fr](mailto:amri@unice.fr)

[Retour](#)

### **Physique Un phénomène quantique observé en 3D**

Une collaboration franco-canadienne vient de démontrer l'existence de la « localisation d'Anderson » à trois dimensions, un phénomène quantique décrit pour la première fois il y a exactement cinquante ans. Pourquoi, à basse température, certains métaux arrêtent-ils de conduire l'électricité ? L'explication théorique a été fournie en 1958 par l'Américain Philip W. Anderson, lauréat du prix Nobel en 1977 : un phénomène quantique dit de « localisation » bloque littéralement les électrons dans le matériau. Aujourd'hui, cinquante ans après qu'elle a été formulée, la théorie de la localisation d'Anderson vient enfin d'être vérifiée de façon convaincante en trois dimensions. Une véritable première réalisée par Bart Van Tiggelen et Sergey Skipetrov, du Laboratoire de physique et modélisation des milieux condensés (LPM2C) (Laboratoire CNRS Université Grenoble 1), à Grenoble, en collaboration avec l'équipe du professeur John Page, de l'université de Manitoba (Canada), et soutenue par un programme international de coopération scientifique (Pics) du CNRS. Les résultats ont été publiés dans la prestigieuse revue *Nature Physics*. Habituellement, les scientifiques se représentent un métal conducteur comme un matériau où les électrons se déplacent librement à travers le réseau des atomes. Ils expliquent alors la résistance électrique par la présence d'impuretés qui introduisent du désordre : les électrons sont déviés de leur course et traversent moins bien le métal. Connus sous le nom de Drude-Sommerfeld, ce modèle est généralement considéré comme décrivant correctement la réalité. À une nuance près cependant : la thèse impose qu'un métal ne peut devenir totalement isolant. En effet, il y aurait tellement d'impuretés qu'un tel matériau n'aurait plus rien d'un métal ! Comment expliquer alors l'existence de conducteurs – des alliages complexes – capables de devenir brusquement isolants lorsqu'ils sont fortement refroidis, en dessous de quelques kelvins ? En 1958, le physicien américain Philip W. Anderson est le premier à proposer une réponse. Selon lui, à très basses températures, les électrons se comportent plus comme des ondes que comme des particules. Dans un matériau désordonné, comme un métal contenant des impuretés, ces ondes interfèrent entre elles de manière destructive. En somme, elles s'annulent les unes les autres, ce qui se traduit par le blocage – la localisation – des électrons dans le matériau, empêchant ainsi le courant de circuler. Mais au fil du temps, l'idée géniale d'Anderson est devenue un véritable casse-tête pour les physiciens. Il leur faut développer une théorie moderne qui couvre l'essentiel des propositions d'Anderson tout en incluant les possibilités expérimentales. Et de ce côté-là, ce n'est pas non plus une sinécure. Concevoir une expérience qui puisse mettre en évidence le phénomène, souvent caché derrière d'autres effets, s'avère très difficile. Cependant, ils découvrent dans les années 1980 que la localisation d'Anderson pourrait ne pas se limiter aux électrons mais s'appliquer aussi aux ondes « classiques », comme la lumière ou les ondes acoustiques, un peu plus faciles à manipuler. Même si, comme le rappelle Bart Van Tiggelen, directeur du LPM2C, « elle n'est pas pour autant aisée à mettre en évidence dans ces derniers domaines. Pour observer le phénomène de localisation d'une onde lumineuse par exemple, il faudrait produire un milieu extrêmement désordonné ; une sorte de brouillard de l'ordre d'un milliard de fois plus épais que celui que l'on trouve en montagne sur une piste de

*ski. Le produire est en soi un challenge technique !* » C'est pourquoi les chercheurs du LPMCM et de l'université de Manitoba ont préféré employer des ondes acoustiques à température ambiante. Il leur aura tout de même fallu trois ans pour préparer l'expérience. Elle a consisté à envoyer des ultrasons dans un milieu désordonné formé de petites billes d'aluminium. En analysant les ondes transmises à la sortie du dispositif, ils ont pu observer, sans qu'aucun doute ne soit permis, plusieurs manifestations de la localisation d'Anderson. Point fort de cette réussite, qui vient s'ajouter à la récente démonstration réalisée à l'aide d'atomes froids par le groupe d'Alain Aspect, du Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, à Orsay : leur test a été mené en trois dimensions. Et maintenant ? « *Notre travail n'est pas pour autant terminé*, indique Bart Van Tiggelen. *Nous allons adapter notre expérience pour mesurer certains paramètres importants de la localisation d'Anderson qui échappent encore aux prédictions théoriques.* » Au bout de cinquante ans d'âpres travaux, les scientifiques n'en ont semble-t-il pas encore fini avec la localisation d'Anderson.

Vahé Ter Minassian

Contact Bart Van Tiggelen [bart.van-tiggelen@grenoble.cnrs.fr](mailto:bart.van-tiggelen@grenoble.cnrs.fr)

[Retour](#)

### **Chimie Paris sous les tropiques**

Imaginez : notre capitale à l'ombre d'une luxuriante forêt tropicale... Surprenant, mais probablement vrai il y a 55 millions d'années ! C'est à cette conclusion qu'a abouti Akino Jossang, chercheuse au laboratoire « Chimie et biochimie des substances naturelles » (Laboratoire CNRS Muséum national d'histoire naturelle), à Paris, en se penchant sur les échantillons d'un gisement d'ambre découvert en 1996 dans l'Oise. L'ambre ? Cailloux aux reflets or et miel prisés des bijoutiers, mais avant tout gouttes de résine tombées d'arbres voici des millions d'années, puis fossilisées en emprisonnant insectes, fleurs et feuilles du passé. Les gisements les plus connus, car les plus importants, proviennent de conifères ayant poussé à l'emplacement de l'actuelle mer Baltique voici 30 millions d'années. Celui de l'Oise date de 55 millions d'années. Quelles espèces végétales l'ont produit ? L'analyse des échantillons menée par Akino Jossang et son équipe à l'aide de la technique de résonance magnétique nucléaire (RMN) révèle vite une composition différente de celle de la mer Baltique. Les investigations se poursuivent, et une substance pure est finalement isolée. En collaboration avec le Laboratoire de Chimie inorganique et matériaux moléculaires (CIM2) (Laboratoire CNRS Université Paris 6), à Paris, la chercheuse découvre qu'il s'agit d'une molécule inédite, dès lors baptisée « quesnoin », du nom du hameau (le Quesnoy) où le gisement a été découvert. Si la substance est sans équivalent aujourd'hui, peut-être peut-on trouver le composé dont elle provient. Bingo ! L'intéressé ne tarde pas à être démasqué : il s'agit de l'acide isoozique, une molécule si ressemblante qu'il n'aura fallu que quelques remaniements atomiques spontanés pour donner la fameuse quesnoin, voici plusieurs millions d'années. Or, les arbres du genre *Hymenaea* sécrètent justement une résine très riche en acide isoozique. L'équipe se lance donc dans la comparaison chimique (toujours par RMN) de la résine des actuels représentants du genre avec l'ambre de l'Oise. L'hypothèse est confirmée : l'un d'eux, *Hymenaea oblongifolia*, semble bien être le descendant de celui dont provient l'ambre en question. Or, il s'avère que cet arbre ne pousse, de nos jours, qu'en Amazonie. Ce qui porte à croire que Paris était bien, il y a 55 millions d'années, un marécage tropical ! Une hypothèse corroborée par les données sur la tectonique des plaques qui situent notre capitale d'alors à une latitude d'environ 30° N (contre près de 49° aujourd'hui).

Lætitia Brunet

Contact Akino Jossang [jossang@mnhn.fr](mailto:jossang@mnhn.fr)

[Retour](#)

## **Santé Un espoir pour une grave maladie de l'œil**

C'est une maladie rare mais très grave : touchant plus de 6 000 personnes en France, la neuropathie optique héréditaire de Leber (NOHL) entraîne une perte de la vision souvent irréversible, voire une cécité complète. À ce jour, il n'existe aucun traitement. Marisol Corral-Debrinski et ses collègues, à l'Institut de la vision, à Paris, ont pourtant réussi à traiter des animaux souffrant de cette pathologie. « *Se caractérisant par la mort des cellules de la rétine – les cellules ganglionnaires – et l'atrophie du nerf optique, la NOHL est due, dans 60 % des cas, à une anomalie sur un gène appelé ND4. Pour la traiter, nous avons donc pensé à utiliser la thérapie génique, qui consiste à injecter, dans les cellules de l'œil, une version normale de ce gène* », précise Marisol Corral-Debrinski, chargée de recherche du CNRS. « *En fait, notre stratégie est plus complexe que la thérapie génique classique, testée actuellement pour d'autres maladies, comme la myopathie de Duchenne. Car le gène ND4 ne se trouve pas dans le compartiment de nos cellules qui enferme la plupart de nos gènes, le noyau, mais dans un autre, la mitochondrie, où il est moins aisé de faire entrer des gènes médicaments* », poursuit la chercheuse. Et pour cause, la mitochondrie est entourée de deux membranes, et non d'une seule comme le noyau. Les scientifiques y sont tout de même parvenus en utilisant comme transporteur du gène ND4 normal un virus inoffensif, le virus adéno-associé (AAV). Testée sur des rats atteints de l'anomalie génétique responsable de la NOHL, cette thérapie a permis d'éviter la cécité chez les animaux soignés avant l'évolution irréversible de la maladie (avant 14 jours). « *Débutés en mars 2006 dans le cadre de la thèse de Sami Ellouze, nos travaux ont été de longue haleine : nous avons d'abord dû générer pas moins de 150 animaux portant le gène ND4 anormal et tester la thérapie sur la moitié d'entre eux* », précise la chercheuse. Les biologistes souhaiteraient maintenant tester leur stratégie chez un animal plus proche de l'homme : le singe. « *Pour ces travaux, nous espérons être aidés financièrement par des associations, en particulier l'Association française contre les myopathies, initiatrice du célèbre Téléthon* », indique Marisol Corral-Debrinski. Si tout se passe bien, mais pas avant au moins quatre ans, les chercheurs pourront enfin passer à des tests chez des patients.

Kheira Bettayeb

Contact Marisol Corral-Debrinski [marisol.corral@inserm.fr](mailto:marisol.corral@inserm.fr)

[Retour](#)

## **Évolution La sexualité sortie des eaux**

Des chercheurs du CNRS proposent aujourd'hui une idée étonnante : la sexualité aurait trouvé son origine dans une stratégie de lutte d'un micro-organisme marin contre une menace biologique. Et si la sexualité était apparue à la suite d'une guerre dans les océans ? C'est l'étonnante hypothèse des chercheurs du laboratoire « Adaptation et diversité en milieu marin » (Laboratoire CNRS Université Paris 6), à Roscoff. En se penchant sur la vie d'*Emiliana huxleyi*, un organisme marin unicellulaire, Colomban de Vargas et ses collègues de l'équipe « Évolution du plancton et paléocéans » ont fait une curieuse découverte : lorsqu'elle est attaquée par un virus, la bestiole change littéralement de corps et devient ainsi totalement invisible à son ennemi. Quel rapport avec la sexualité direz-vous ? Eh bien, la transformation la fait passer d'un stade dit diploïde, c'est-à-dire avec deux lots de chromosomes, comme la grande majorité de nos cellules, à un stade haploïde, avec un seul lot de chromosomes. Tout comme nos spermatozoïdes et nos ovules, issus du passage de cellules diploïdes à un stade haploïde, et qui fusionnent ensuite pour donner un nouvel être humain formé à nouveau de cellules diploïdes. Les biologistes sont parvenus à cette thèse un peu accidentellement. « *À l'origine, nous nous intéressions à Emiliana huxleyi, dont l'ancêtre serait apparu dans les océans il y a environ un milliard d'années, pour mieux comprendre sa physiologie, raconte Colomban de Vargas. Mais un jour, un de nos étudiants en thèse, Miguel Frada, a noté la présence de cellules nageant – un peu comme les spermatozoïdes – dans le milieu de culture.*

» En y regardant de plus près, les chercheurs ont noté avec surprise que ces cellules inédites possédaient exactement les mêmes gènes que la forme classique du micro-organisme, mais en un seul lot et non en deux. Par ailleurs, ils ont observé la présence de virus EhVs (pour *Emiliana huxleyi* Viruses), réputés pour décimer les populations gigantesques d'*Emiliana huxleyi*, des masses laiteuses visibles depuis l'espace. Un lien de cause à effet ? Oui : les tests effectués par Miguel Frada montrent clairement que les virus déciment les cellules diploïdes tout en forçant leur transformation en cellules haploïdes. « *Alors totalement invisibles aux virus – car elles présentent une surface impénétrable –, ces cellules permettraient à l'espèce de vivre en paix en attendant la dilution des virus par les courants océaniques* », détaille Colombar de Vargas. D'un point de vue évolutif, cette parade, d'où serait issue la sexualité, aurait permis aux premiers êtres vivants d'échapper à une lutte perpétuelle avec les virus et de pouvoir, ainsi, évoluer en des organismes plus complexes et performants, formés de plusieurs cellules. Et les chercheurs de la baptiser « stratégie du chat du Cheshire », du nom du célèbre chat d'Alice au pays des merveilles, capable de disparaître à volonté pour échapper à l'ordre de décapitation de la Reine de cœur.

Kheira Bettayeb

Contact Colombar de Vargas [vargas@sb-roscoff.fr](mailto:vargas@sb-roscoff.fr)

[Retour](#)

### **Volcanologie Dans les entrailles du Vésuve**

Des chercheurs viennent de reproduire des réactions qui ont eu lieu lors de quatre éruptions historiques du volcan italien. Leur conclusion : les éruptions à venir pourraient être moins graves. Certains ont de drôles de recettes de cuisine. Prenez quelques milligrammes de roche volcanique finement broyée, placez à la cocotte-minute, faites monter un bon coup la pression et donnez un sérieux coup de chaud. Vous obtenez une passionnante expérience qui lève un coin du voile sur l'histoire du Vésuve. Elle a été racontée dans *Nature* en septembre dernier par Bruno Scaillet et Michel Pichavant, de l'Institut des sciences de la terre d'Orléans (ISTO (Institut CNRS Université d'Orléans Université de Tours), ainsi que Raffaello Cioni (université de Cagliari et INGV-Pise). En dépit des grandes éruptions meurtrières, dont celle de Pompéi en l'an 79 qui tua probablement des milliers de personnes, la population n'a jamais cessé de se masser sur les flancs du Vésuve. Et s'il n'a pas connu d'activité depuis 1944, le volcan fait l'objet d'une étroite surveillance. D'où l'intérêt des travaux de nos trois chercheurs : ils viennent de montrer que, depuis au moins huit mille ans, le réservoir de magma a grimpé vers la surface, et que la température du magma a augmenté, fluidifiant la matière. Des travaux qui laissent penser que les pires éruptions sont peut-être derrière nous. « *Nous avons récupéré des roches, des ponces, correspondant à quatre éruptions explosives de l'histoire du Vésuve* », explique Bruno Scaillet, directeur-adjoint de l'ISTO. « *Mercato, il y a huit mille ans, Avellino (3 360 ans), Pompéi (en l'an 79) et Pollena (an 472).* » La roche a ensuite été finement broyée puis placée, avec de l'eau et du CO<sub>2</sub>, dans des gélules d'or ou de platine : « *Quand on recrée les conditions qui règnent au cœur des volcans, l'or est malléable et transmet bien la température et la pression à la roche, qui se transforme en liquide magmatique.* » Pour chacune des quatre éruptions, plusieurs dizaines d'expériences ont été conduites en faisant varier température et pression. Dans l'enveloppe de métal inerte, la roche a fondu, donnant naissance à un verre volcanique et à différents types de cristaux. En comparant ces produits expérimentaux aux roches de départ, Bruno Scaillet et ses collègues ont retrouvé les conditions exactes qui régnaient dans le réservoir de magma des quatre éruptions étudiées. Leur verdict est formel. Le réservoir est remonté de sept mille mètres de profondeur à trois mille mètres après l'éruption de Pompéi, faisant baisser la pression. Puis, il a poursuivi sa remontée jusqu'en 1944, année de la dernière explosion. Au fur et à mesure, la température a grimpé, rendant le magma moins visqueux, ce qui lui permet de perdre plus

facilement ses éléments volatils. Des indices qui laissent penser que les prochaines éruptions du Vésuve libéreront, comme les volcans hawaïens, une roche fluide par effusion et non plus un magma épais et explosif. « *Mais nous ne pouvons hélas en avoir la certitude, concède Bruno Scaillet. Car les géophysiciens observent par tomographie sismique une anomalie entre huit et dix kilomètres de profondeur.* » Elle pourrait signaler la présence d'un second réservoir de lave, plus froide et capable de produire un événement comme Pompéi. Un conditionnel qui signifie que la surveillance scientifique du Vésuve devra se poursuivre sans relâche, tant que les hypothèses sur son évolution n'auront pas été tranchées. Pour Bruno Scaillet, la réponse viendra peut-être des géophysiciens. « *À condition d'améliorer la résolution spatiale des outils de tomographie sismique et la précision des outils de mesure de la conductivité électrique du sous-sol.* » Aujourd'hui, on ne peut voir dans les entrailles du Vésuve des structures de dimensions inférieures à cinq cent mètres. Il faudrait beaucoup mieux pour savoir s'il existe ou non un réservoir de magma « froid » profond capable de réveiller les ardeurs meurtrières du volcan.

Denis Delbecq

Contact

Bruno Scaillet, [bscaille@cnrs-orleans.fr](mailto:bscaille@cnrs-orleans.fr)

Michel Pichavant, [pichavan@cnrs-orleans.fr](mailto:pichavan@cnrs-orleans.fr)

[Retour](#)

### **Anthropologie Rodéo à la mexicaine**

Depuis deux ans, l'anthropologue Frédéric Saumade gagne régulièrement les montagnes mexicaines pour étudier les relations qu'entretiennent les Indiens Huichols avec un animal importé : le bœuf. Lors de sa prochaine mission, c'est à une forme très locale de rodéo qu'il s'intéressera. Il faut huit heures de route dans les montagnes escarpées de la Sierra Madre occidentale pour rejoindre la communauté d'Indiens Huichols de San Andrés Cohamiata. Comme beaucoup de peuples indigènes, les Huichols se sont installés dans une région reculée du Mexique pour fuir l'invasion des conquistadors au xvie siècle. Aujourd'hui, le temps de la colonisation est loin, mais les Indiens ont adopté l'élevage du bœuf et acquis le goût... du rodéo. C'est justement à ces pratiques directement importées par les Espagnols puis transformées au contact de la civilisation mexicaine que s'intéresse Frédéric Saumade, anthropologue à l'Institut d'ethnologie méditerranéenne, européenne et comparative (Idemec) (Institut CNRS Université Aix-Marseille 1) d'Aix-en-Provence. Depuis 2006, le scientifique a focalisé son attention sur l'introduction du bœuf chez les Indiens Huichols. Il assistera, lors de sa prochaine mission, au « rodéo » de la fête patronale. Les premiers Mexicains à approcher le bœuf et à appréhender sa domestication furent les vachers employés dans les haciendas espagnoles. Les apprentis éleveurs inventent alors de nouvelles techniques, comme le piégeage au lasso, qui se propagent dans tout le pays et, plus tard, jusqu'aux États-Unis. Les Indiens Huichols se convertissent à l'élevage à partir du XVII<sup>e</sup> siècle. Pour eux, cependant, le bœuf n'est pas considéré comme une réserve de viande mais plutôt comme un animal sacré. Encore aujourd'hui, « *au début de la saison sèche, lors du carnaval ou de la semaine sainte, de nombreux taureaux sont sacrifiés pour appeler la pluie et la fertilité des champs. Sans ces pratiques, les Huichols sont persuadés qu'il ne pleuvrait pas sur la Terre entière* », relate Frédéric Saumade. « *Ils entretiennent des rapports très ambigus avec le bœuf, à la fois affectueux et violents. Pour eux, c'est un animal extérieur et dangereux, qui ne vient pas des Espagnols mais de l'océan Atlantique.* » Avant l'arrivée du bœuf, c'est le cerf qui était sacrifié pour maintenir l'équilibre cosmologique. Le cervidé occupait alors une place centrale dans la tradition huichole, à côté du maïs et du peyotl, un cactus hallucinogène que les Indiens vont récolter une fois par an dans le désert, à plus de 500 kilomètres de leur village. Mais Frédéric Saumade se refuse à croire que le bœuf s'est simplement substitué au cerf : « *C'est une vision*

*un peu courte, pour la pure et simple raison que les Huichols continuent à chasser le cerf pour les grandes fêtes. Pour moi, le taureau est plutôt venu prendre la place de l'homme dans un quadrant "cerf-peyotl-maïs-homme", étant entendu que les Huichols, comme tous les peuples de la Méso-Amérique, sacrifiaient des êtres humains avant l'arrivée des Espagnols. »* À la suite de la colonisation, les Indiens et métis mexicains s'inspirèrent d'une autre pratique introduite par les Espagnols, celle de la corrida. Là encore, ils développent leurs propres formes de jeu. Ils décident ainsi d'affronter le taureau non plus du haut d'un cheval ou à renfort de banderilles, mais en montant sur son dos comme dans un rodéo. « *Quand, au XVIII<sup>e</sup> siècle, les Espagnols voient les Indiens monter sur les taureaux, ça leur paraît quelque chose de très extravagant. À tel point que certains d'entre eux sont engagés dans les corridas royales de Madrid* », souligne Frédéric Saumade. Aujourd'hui, la charreada – qui regroupe des exercices de piégeage au lasso et de monte du taureau – est même devenue le sport national mexicain. Les Huichols, eux aussi, s'adonnent aux jeux d'arène et organisent, depuis quelques dizaines d'années, des « rodéos ». Le but du jeu ? Poursuivre des taurillons à cheval et les renverser en leur tirant la queue. Jusqu'à présent, aucun ethnologue n'a étudié cette pratique locale de rodéo car elle a lieu pendant la fête patronale, une fête chrétienne exclue du cycle traditionnel des cérémonies huicholes. Mais pour Frédéric Saumade, elle reste du premier intérêt : « *Les communautés huicholes sont partagées sur la question : celles qui sont situées à l'ouest du Rio Chapalagana célèbrent la fête patronale avec des rodéos mais à l'est de la rivière, il n'y a pas de rodéo. Là, les éleveurs que j'ai interrogés me disent que le bœuf est un animal sacré, qu'il ne faut pas jouer avec...* » En assistant à ces festivités, Frédéric Saumade espère bien en apprendre davantage sur ce rite moderne et voir de quelle façon les indigènes se sont nourris des apports du monde extérieur, hispanique et métis.

Laurianne Geffroy

Contact Frédéric Saumade [saumade@mmssh.univ-aix.fr](mailto:saumade@mmssh.univ-aix.fr)

[Retour](#)

## **Fire Onelab2 : l'internet du futur prend de la vitesse**

Avec l'arrivée massive des technologies nomades, l'utilisation grandissante des réseaux sans fil satellites ou radio et la montée en puissance des menaces extérieures (virus, pirates...), l'architecture globale d'Internet doit évoluer. La Commission européenne vient de réitérer son soutien à l'émergence d'un « Internet du futur » à travers l'initiative « Future Internet Research and Experimentation » (Fire). Pas moins de quatorze projets de recherches sont financés pour développer et coordonner une nouvelle infrastructure web. Au cœur de cette dynamique, le laboratoire d'informatique de Paris 6 (Lip6) (Laboratoire CNRS Université Paris 6) est partie prenante des trois facettes de Fire : la recherche, la coordination des équipes internationales et la gestion quotidienne d'une architecture expérimentale (sécurisation, mise à jour des logiciels...). Si l'équipe est partenaire des projets Fireworks (un forum collaboratif) et Nanodatacenters (pour le développement de nouveaux centres de stockage de données), elle coordonne surtout l'une des plus ambitieuses actions de Fire, le projet Onelab. C'est en 2003 que le Lip6 a commencé à étudier, en étroite coopération avec l'Inria, la possibilité de réinventer l'Internet autour d'une architecture dite polymorphique, c'est-à-dire faite de plusieurs réseaux complémentaires pouvant être fédérés. Afin de tester à grande échelle ce concept nommé Onelab, Serge Fdida, son coordinateur scientifique, a créé en 2006 une plateforme européenne Planetlab-Europe, selon un modèle développé aux États-Unis. Concrètement, elle interconnecte, via l'Internet standard, 800 ordinateurs de laboratoires publics et privés ainsi que d'entreprises. Aujourd'hui, la deuxième phase du projet, baptisée Onelab2, prend de l'ampleur. « *Nous travaillons désormais avec 26 partenaires (Ceux-ci sont européens, suisses, israéliens et australiens), et non plus 11, et notre budget est passé de 1,9 à 9 millions d'euros pour 27 mois* », indique Serge Fdida. L'objectif de la plate-forme Planetlab-

Europe est d'évaluer les possibilités d'étendre les algorithmes de l'architecture polymorphique aux réseaux radio (pour le marché du Wi-Fi du futur), à la distribution de contenus et à l'interconnexion d'autres réseaux autonomes. Pour cela, l'ensemble des partenaires développe en priorité des outils de mesure fiables capables d'identifier les besoins qui émergeront des usages, et établit un cadre juridique, notamment via des consortiums de propriété intellectuelle. L'équipe du Lip6, qui gère la plateforme européenne et l'utilise comme outil de recherche, met maintenant l'accent sur les discussions avec les plateformes expérimentales similaires : Planetlab aux États-Unis, et Planetlab-Japan en Asie. Et s'attelle déjà à définir les axes du prochain Onelab3.

Aude Olivier

Contact

Serge Fdida, [serge.fdida@lip6.fr](mailto:serge.fdida@lip6.fr)

Frédéric Vaissade, [frederic.vaissade@lip6.fr](mailto:frederic.vaissade@lip6.fr)

[Retour](#)

### **Année polaire internationale Une saison à Concordia**

L'Année polaire internationale s'achève. Pour autant, la vie ne va pas s'arrêter à la station franco-italienne Concordia, installée en plein Antarctique. Durant les saisons d'été, jusqu'à une quarantaine de scientifiques, de techniciens ou d'intendants s'y affairent dans des conditions extrêmes. Instants de vie de ce « laboratoire du bout du monde ». *Voir ces deux tours au milieu de nulle part, lors de mon arrivée en avion pour l'hivernage en cours, restera un souvenir inoubliable* », raconte Érick Bondoux, du Laboratoire Hippolyte Fizeau (Laboratoire CNRS Université de Nice Observatoire de la Côte d'Azur), à Nice. Ces tours appartiennent à la base polaire franco-italienne Concordia, édifée au cœur de l'Antarctique. Plus précisément sur le site du Dôme C, à 3 233 mètres d'altitude, dont plus de 3 200 d'épaisseur de glace ! Si les bâtiments d'été sont opérationnels depuis 1997, la construction sur pilotis des deux tours de trois étages a débuté en 2002. Et depuis 2005, le site est occupé en permanence. Lieu unique par sa localisation extrême – la température moyenne du site avoisine les – 50 °C avec des pointes à – 80 °C, et le soleil disparaît totalement de mai à août –, Concordia est surtout un laboratoire scientifique à nul autre pareil. Son ciel, d'une pureté inégalée, fait le bonheur des astronomes. Les climatologues y forent la glace pour reconstituer l'histoire du climat sur des échelles de temps vertigineuses. Quant aux sismologues, ils peuvent y étudier la propagation des ondes sismiques le long de l'axe de rotation de la Terre. Pour profiter de ce site exceptionnel, les scientifiques doivent néanmoins s'adapter à des conditions de vie radicales. Rien que pour se rendre au Dôme C, il faut compter une semaine de navigation dans les eaux agitées des mers du Sud. Puis embarquer à bord d'un petit avion pour un vol de cinq heures. « *Nous sommes une dizaine, assis au beau milieu du matériel. Il fait si froid que cinq minutes après le décollage, les vitres gèlent* », décrit Alessia Maggi, à l'Institut de physique du globe de Strasbourg (Institut CNRS Université de Strasbourg 1). Et à l'arrivée, rien n'assure que tout se déroulera comme prévu. « *Étant donné les conditions, et vu que l'on n'a qu'une seule tentative par an, on ne peut jamais savoir si on aura le temps de tout faire, même en travaillant 14 heures par jour* », explique la sismologue. D'un côté, le matériel est mis à rude épreuve : problèmes mécaniques, électronique qui casse, pièces de rechange introuvables... De l'autre, le manque d'oxygène lié à l'altitude rend la moindre tâche plus fatigante. « *Lorsque l'on a oublié le bon tournevis avant de se rendre auprès des instruments, il faut marcher un kilomètre pour retourner à la base* », explique la scientifique. Ce qui, par – 60 °C, n'a rien d'une promenade de santé ! Pour autant, au quotidien, la vie à Concordia est pour ainsi dire... normale : « *Du fait de la fatigue, on dort très bien, explique la sismologue. Les repas sont copieux, et le soleil brille en permanence.* » Quoique ce dernier point ne soit vrai que durant les campagnes d'été, qui durent de décembre à février. La base est alors une

véritable fourmilière où s'affairent une quarantaine de personnes, scientifiques, techniciens ou cuisinier. Mais à partir de février, tout change. Les estivants quittent la station, laissant une dizaine d'hivernants dans l'isolement quasi total de la nuit polaire. « *Lorsque le dernier avion s'en va, on a une sensation de vide, témoigne Éric Aristidi, du Laboratoire Hippolyte Fizeau, qui a participé à l'hivernage 2006. Il y a le silence et la base paraît immense.* » Érick Bondoux, actuel hivernant en charge de l'astronomie, ajoute : « *Durant l'hivernage, rien n'est comme ailleurs. Même le temps semble altéré. Pour moi, il s'est arrêté le 28 décembre 2007 !* » Passé les premières semaines durant lesquelles chacun cherche ses marques, une sorte de routine s'installe. « *On devient un peu robot, confie Éric Aristidi. La vie est rythmée par le travail* », comme le détaille Érick Bondoux : « *Ici, le travail d'astronome est très différent de ce qui se fait ailleurs. Les horaires ne sont jamais fixes et certaines expériences demandent une veille de chaque instant. Plus qu'observateur, il faut être à la fois mécanicien, électronicien, informaticien et opticien. Une polyvalence qui vaut pour tous les corps de métier.* » L'astronome ajoute : « *Durant l'hivernage, il est courant de ne pas avoir une journée de repos durant plusieurs mois. D'une certaine manière, il est impossible de s'ennuyer et la question du manque de loisirs ou de distractions ne se pose pas.* » Pour autant, selon les années, l'ambiance est plus ou moins bonne. Ainsi, lors du second hivernage, en 2006, l'atmosphère s'est vite dégradée. « *Début juillet, on a commencé à s'engueuler, se souvient Éric Aristidi. Les relations deviennent alors plus diplomatiques qu'amicales.* » La façon dont le groupe s'adapte socialement et psychologiquement aux conditions de vie en isolement et en confinement régnant à Concordia fait d'ailleurs l'objet d'un programme de recherche dirigé par Élisabeth Rosnet, au Laboratoire de psychologie appliquée (LPA), commun aux universités de Reims et de Picardie, à Reims. Programme dont les résultats aideront notamment à préparer de futures missions spatiales vers Mars ! Dans ces conditions, on comprend qu'en septembre, tout le monde soit ravi de voir réapparaître le Soleil. Puis se mette à guetter le premier avion, fin novembre. À l'ouverture de la station, les effectifs montent rapidement à quarante. La nouvelle campagne d'été peut commencer. « *L'année dernière, nous avons dû faire certaines choses à la va-vite, confie Alessia Maggi. Je suis donc ravie de retourner à Concordia.* » Un contentement d'ordre scientifique, mais aussi humain. Car comme le confirme Éric Aristidi, « *un séjour à Concordia n'est pas une expérience anodine* ». Bien au contraire. Érick Bondoux confie : « *Même plusieurs mois après mon arrivée, marchant dans la nuit et voyant se découper l'ombre des deux tours sur la Voie lactée, il m'est arrivé de penser que je rêvais.* »

Mathieu Grousson

Contact

Alessia Maggi, [alessia.maggi@eost.u-strasbg.fr](mailto:alessia.maggi@eost.u-strasbg.fr)

Éric Aristidi, [eric.aristidi@unice.fr](mailto:eric.aristidi@unice.fr)

Élisabeth Rosnet, [elisabeth.rosnet@univ-reims.fr](mailto:elisabeth.rosnet@univ-reims.fr)

[Retour](#)

### **Médaille d'or du CNRS Le pionnier du génome**

Jean Weissenbach figure parmi les meilleurs généticiens mondiaux. En une quinzaine d'années, ses travaux ont permis de faire des bonds de géant sur la connaissance des génomes et ont révolutionné la génétique humaine. Un niveau d'excellence qui lui vaut de se voir remettre ce mois-ci la médaille d'or du CNRS. Il est le « *Vasco de Gama de la science* », disait de lui feu Jean Bernard, éminent médecin français. Mais la « terre », inconnue et vaste quoique microscopique, qu'a contribué à découvrir Jean Weissenbach est en réalité toute proche : ce sont les 3,5 milliards de « lettres » du code génétique humain. Le « livre de la vie » en somme. Mais le chercheur de 62 ans, directeur du Genoscope-Centre national de séquençage (CEA), à Évry, n'est pas fan de ce type de formules emphatiques. Mesuré, discret, il accepte tout de même de se prêter au jeu médiatique dont il fait l'objet depuis quelques

semaines. Et pour cause : il vient de recevoir la médaille d'or du CNRS. « *Avec plus de 500 publications dans les grandes revues internationales, il fait partie des deux ou trois meilleurs chercheurs mondiaux dans sa discipline* », a commenté à ce sujet Arnold Migus, directeur général du CNRS. Dans son bureau d'où il orchestre le Genoscope, Jean Weissenbach revient sur son parcours et se souvient de ses premiers pas en science.

### **Les dessous des cartes**

Très jeune, dans l'arrière-boutique de son pharmacien de père, il respire les flacons, hume les poudres, avant de s'attaquer plus tard à la fabrication de pommades et autres préparations magistrales. Aucune hésitation donc après le lycée : il entre en faculté de pharmacie. Mais l'univers de la recherche semble bien plus excitant... Surtout en ce début des années 1970, car la biologie moléculaire vient de connaître une fantastique envolée à la suite de la découverte de la structure de l'ADN (La découverte de la structure en double hélice de la molécule d'ADN, ou acide désoxyribonucléique, a valu un prix Nobel à James Watson, Francis Crick et Maurice Wilkins en 1962), molécule constituant les chromosomes et support de l'information génétique. L'aspirant pharmacien suit donc parallèlement un cursus en biochimie. Après sa thèse, et un postdoctorat à l'Institut Weizmann, à Rehovot en Israël, il poursuit à l'Institut Pasteur, à Paris. « *À partir de 1982, j'ai travaillé sur les chromosomes sexuels humains* », se souvient-il. Quatre ans plus tard, il réalise la première carte du chromosome Y, où il localise la région qui contient le gène (Fragment d'ADN correspondant à une instruction à effectuer par la cellule) responsable de la détermination du sexe. Il démontre aussi pour la première fois que chez l'homme, au cours de la production des cellules sexuelles, a lieu un échange (À ce moment, les chromosomes se chevauchent. Souvent des morceaux qui se coupent sont alors échangés) d'ADN entre les chromosomes X et Y. C'est le temps des premiers succès. Mais il rêve à présent de s'attaquer à la totalité de notre matériel génétique : le génome humain. Et il a une idée... « *Je voulais utiliser des marqueurs, les microsatellite* (Motifs de une à quatre lettres, par exemple (CA), (TTA), etc., qui se répètent au moins dix fois à la suite au milieu d'une séquence ordinaire), *qui permettraient de se repérer précisément le long du génome et d'en établir une carte haute résolution* », explique le lauréat. Certains de la pertinence de son idée, Daniel Cohen (Fondateur du CEPH en 1982) et Jean Dausset, du Centre d'étude du polymorphisme humain (CEPH), mettent un laboratoire à sa disposition. Prometteurs, ces travaux sont ensuite financés par l'Association française contre les myopathies (AFM), et dès 1992, Jean Weissenbach obtient une première carte génétique publiée par la prestigieuse revue Nature. « *Le succès fut bien plus considérable que je ne le prévoyais* », commente-t-il. Très vite, les scientifiques du monde entier piochent en effet dans cette carte – améliorée en 1994 et 1996 – et localisent grâce à elle de nombreux gènes responsables de maladies héréditaires en quelques mois à peine ! L'impact est considérable. Jean Weissenbach, qui reçoit en 1994 la médaille d'argent du CNRS pour l'ensemble de ses travaux sur le génome, devient alors l'un des chercheurs les plus cités au monde dans la littérature scientifique et ce, pendant plusieurs années.

### **Épeler le génome**

Le chercheur répond ensuite présent quand la France fait appel à lui en 1996. Il s'agit maintenant de participer à ce qui sera surnommé « le projet Apollo de la biologie » : la lecture de la totalité des « lettres » de l'ADN humain. Un vieux rêve revenu à l'ordre du jour depuis que la carte génétique a fourni des points de repère pour se retrouver dans cette inextricable jungle où à peine 2 % des « lettres » correspondent à des gènes ! Pour participer au consortium public international du « Projet Génome humain », la France crée le Genoscope (lire l'encadré ci-contre), et Jean Weissenbach est nommé à sa tête. Pari gagné : son équipe, chargée du chromosome 14, s'acquitte de sa tâche haut la main, et la séquence complète de « lettres » est publiée en 2003. Ce fut un travail de titan. Et un véritable combat pour la science et la liberté. Car « *l'Américain Craig Venter menait au même moment un projet privé*

*identique mais voulait vendre l'accès aux données », se souvient le médaillé. « Une telle privatisation nous semblait extrêmement dangereuse. Seules les grandes sociétés privées y auraient eu accès : cela aurait été un ralentissement considérable pour la science. »* Entre-temps, en 2000, le chercheur a aussi été à l'origine de la première estimation fiable du nombre de nos gènes : 30000 (Le chiffre est à présent estimé à 25000) au lieu des 100000 supposés jusqu'alors. C'est moins que la paramécie, un micro-organisme unicellulaire, fort de 40000 gènes. Et moins que les 37000 d'un grain de riz ! « *Depuis cette époque, j'ai tourné la page de la génétique humaine »,* explique le médaillé. Les découvertes se succèdent encore, mais dans d'autres domaines. Le Genoscope réalise notamment, seul ou en partenariat, le séquençage des génomes de l'anophèle (un moustique vecteur du paludisme), de la paramécie, du riz et de la vigne, un sujet de choix pour ce grand amateur de vin. Mais l'homme a besoin de nouveaux défis. Indépendant, visionnaire et pragmatique, il a depuis peu réorienté ses recherches vers des organismes injustement délaissés : les bactéries. Ces « microbes » qui dégradent les déchets dans la nature sont pourtant essentiels dans l'écologie de la planète. Mieux les connaître, gène par gène, pourrait conduire à toutes sortes d'applications, en particulier au service de l'environnement, notamment pour rendre la chimie plus propre ou même pour détruire des polluants. « *À rebours de la conception habituelle, je pense que les sciences du vivant peuvent apporter beaucoup à la chimie »,* insiste notre chercheur. « *J'espère que le prestige associé à la médaille d'or du CNRS m'aidera à œuvrer en ce sens et à faire des émules. »* On l'aura compris, ce thème tient à cœur au lauréat. Et il compte bien y briller une fois encore avant de tirer sa révérence à la science.

### **Des avancées génétiques immenses**

Les travaux du médaillé ont modifié de façon décisive notre approche des quelque 6000 pathologies d'origine génétique. La séquence (*voir illustration*) a offert aux généticiens la possibilité de déceler directement les mutations des gènes responsables de ces maladies. Près de 2700 de ces gènes ont ainsi été identifiés à ce jour. La quête continue, et elle ne cesse de progresser. Mieux : elle concerne également d'autres maladies dites multifactorielles, telles que le diabète, l'obésité, les maladies cardiovasculaires, le cancer, etc., causées, non pas par la seule défaillance d'un gène, mais aussi par des facteurs extérieurs (environnementaux, etc.). Ces découvertes furent aussi une première étape indispensable pour mettre au point des tests de diagnostic prénatal. Et face aux nombreuses questions d'éthique qu'elles soulèvent, Jean Weissenbach s'est toujours voulu rassurant : « *Les craintes concernant l'eugénisme sont fondées, mais à relativiser ; un génotype à risque pour une maladie ne garantit pas de tomber malade, et peut même protéger d'une autre maladie. Il n'y a pas de génome idéal. »* Et ensuite ? Une fois les gènes identifiés et les malades dépistés, peut-on les guérir ? Non, on ne sait pas encore agir sur les gènes pour cela, et la maîtrise des thérapies géniques est encore bien loin à l'horizon. « *Il reste beaucoup de choses à comprendre »,* relativise le lauréat. « *Il y a de nombreux gènes dont on ignore la fonction et, en réalité, on ne sait pas encore assez bien comment fonctionne une cellule... Se lancer dans des thérapies géniques avec des connaissances aussi fragmentaires me semble donc prématuré. »* Restent des avancées en génétique absolument capitales sur la connaissance du vivant et de ses mécanismes complexes.

### **Le Genoscope, fleuron national**

Il est le premier « grand équipement » français en biologie, à l'image des grands télescopes en astronomie ou des accélérateurs de particules en physique. Créé en 1996 à Évry, en banlieue sud de Paris, le Genoscope du CEA a achevé avec succès en 2003 sa mission première au sein du « Projet Génome humain ». Aujourd'hui, il continue de répondre aux besoins en séquençage à grande échelle de la communauté académique nationale. Microbes, animaux, plantes, humains : tous les projets d'analyse de génome en France qui présentent un intérêt scientifique, médical ou économique, passent en effet entre ses murs. Enfin, explique Jean

Weissenbach, « *il permet de se maintenir au niveau de l'état de l'art dans le domaine du séquençage et de l'analyse de la séquence* ». Et ce, en grande partie grâce au développement de méthodes informatiques, nécessaires à l'analyse et à la comparaison des génomes. Ces travaux de recherche en informatique s'inscrivent en partie dans le cadre de « Génomique métabolique », l'unité de recherche du Genoscope, commune au CNRS, au CEA et à l'université d'Évry.

Charline Zeitoun

Contact Jean Weissenbach, [jsbach@genoscope.cns.fr](mailto:jsbach@genoscope.cns.fr)

[Retour](#)

### **Base de données La sculpture gauloise en deux clics**

Une impressionnante base de données accessible en ligne, avec l'ambition de répertorier l'ensemble des sculptures de la Gaule romaine, des plus humbles aux plus spectaculaires... soit pas moins de 15 000 bas-reliefs, statues et bustes ! Voilà ce qu'a développé Danièle Terrer, ingénieure CNRS au Centre Camille Jullian à Aix-en-Provence (Centre CNRS Université Aix-Marseille 1. La base est consultable sur le site du Centre Camille Jullian). Une grande première. « *Mine d'informations colossale, aisée et rapide d'accès pour tous, notre base de données est appelée à donner à terme une vue d'ensemble sur la totalité des sculptures de la Gaule romaine* », précise Danièle Terrer. Il faut savoir ici que si les bas-reliefs, statues et bustes de la Gaule romaine représentent des collections exceptionnelles, il n'en existait jusque-là pas d'inventaire complet... Il y avait bien le recueil réalisé entre 1907 et 1938 par le conservateur des monuments et musées de Nîmes Émile Espérandieu (« Recueil général des bas-reliefs, statues et bustes de la Gaule »), complété entre 1947 et 1966 par l'archéologue Raymond Lantier. Mais personne n'y avait ajouté les œuvres découvertes après 1966... Jusqu'à la création de la base de données « Nouvel Espérandieu » (Nesp) (Cet outil a été réalisé au Centre Camille Jullian en accompagnement du programme de publication « Nouveau Recueil d'Espérandieu » initié en 2001 par l'Académie des inscriptions et Belles-Lettres sous la direction d'Henri Lavagne), qui regroupe désormais toutes les données existantes. « *Concrètement, nous avons recensé toutes les œuvres existantes, puis numérisé et indexé leurs images collectées dans tous les grands musées du Sud de la France*, détaille notre ingénieure. *La base contient aussi des fiches, une pour chaque œuvre, renseignant sur la provenance de la sculpture, son histoire, sur celui ou ce qu'elle représente, etc. Ce travail n'aurait pas pu être fait sans l'aide du ministère de la Culture et de la médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine.* » Dans le cadre du projet Eurydice, lancé en 2001 et réalisé en partenariat avec le Laboratoire d'ingénierie de la connaissance multimédia multilingue du CEA List, les chercheurs souhaitent à présent ajouter à leur base des outils informatiques permettant d'exploiter de différentes façons ses informations, comme localiser, sur une carte, le lieu où a été trouvée la sculpture.

Kheira Bettayeb

Contact Danièle Terrer [terrer@mmssh.univ-aix.fr](mailto:terrer@mmssh.univ-aix.fr)

[Retour](#)

### **Instrument Du renfort pour l'imagerie médicale**

Nom de code : Discovery VCT HD. L'appareil, construit par la société américaine General Electric, a rejoint les locaux de la plate-forme d'imagerie biomédicale Cyceron, à Caen (*lire l'encadré*). Pour le plus grand plaisir des chercheurs qui y travaillent : la machine hybride, première de ce type installée en Europe, comporte à la fois un scanner à rayons X ultrarapide et de très haute résolution (VCD) et une caméra à émission de positons à haute sensibilité et haute résolution (HD). Ainsi, le Discovery VCH HD fournit quasi simultanément une image anatomique des organes et une image fonctionnelle renseignant sur leur métabolisme. Tout

ceci à une vitesse jusque-là inégalée : en cancérologie, le temps d'acquisition d'une image fonctionnelle de l'ensemble du corps humain ne prend que dix minutes. Quant au mode scanner, il est encore plus rapide, avec un temps d'acquisition de seulement vingt secondes. «*La simultanéité des examens est à la fois un avantage pour le patient, qui gagne en confort et en temps, mais aussi pour les chercheurs. Coupler les deux images permet d'aborder les problèmes différemment* », explique Bernard Mazoyer, directeur du groupement d'intérêt public Cyceron. L'appareil, cofinancé par le CNRS, l'Inserm, la Région Basse-Normandie et le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, va permettre d'intensifier et de développer de nouveaux programmes scientifiques en neurologie et en cancérologie. Avec lui, Cyceron va aussi investir un nouveau domaine, la cardiologie. «*Avec Discovery VCT HD, on peut voir l'ensemble du cœur et des artères et obtenir une image en seulement 300 millisecondes. On accède ainsi à ce qui nécessitait jusqu'alors une angiographie ou une radiographie* », explique Bernard Mazoyer.

### **Une plate-forme au service de la médecine**

Créé en 1985 pour être l'un des trois premiers centres français à mettre en œuvre la tomographie par émission de positons (TEP), la plate-forme Cyceron est un groupement d'intérêt public (GIP) placé sous la tutelle des grands organismes nationaux de recherche : le CNRS, le CEA et l'Inserm. Elle est spécialisée en neurosciences mais met aussi ses installations d'imagerie au service de la recherche clinique, en cancérologie notamment, dans le cadre d'une convention avec l'Agence régionale d'hospitalisation de Basse-Normandie. C.H. Coralie Hancok

Contact Bernard Mazoyer [mazoyer@cyceron.fr](mailto:mazoyer@cyceron.fr)

[Retour](#)

### **Brèves**

#### **Recette pour digérer équilibré**

C'est un résultat qui pourrait permettre de rétablir l'équilibre bactérien du système digestif, rompu dans plusieurs pathologies graves comme les dysenteries ou la maladie de Crohn : des chercheurs du CNRS, à Paris, avec leurs collègues de l'Institut Pasteur, de l'Inserm et du Centre national de biotechnologies, à Madrid, ont en effet décrypté un mécanisme clef dans l'équilibre entre le système immunitaire et la flore intestinale. Publiés dans *Nature*, leurs travaux ont mis au jour la reconnaissance d'un constituant essentiel de la paroi des bactéries dites Gram-négatives par une protéine située dans les cellules épithéliales de l'intestin, appelée Nod1. S'ensuit la formation de tissus lymphoïdes qui deviendront des cellules immunitaires chargées de réguler les bactéries. Pour les chercheurs, des molécules capables d'activer la protéine Nod1 pourraient donc contribuer à rétablir l'équilibre bactérien du système digestif.

#### **De l'avantage d'être gaucher**

Les gauchers s'en sortiraient-ils mieux que les autres sur le plan socio-économique ? C'est en tout cas ce que semblent montrer des travaux de l'équipe de Charlotte Faurie, de l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier (Isem) (*Institut CNRS Université Montpellier 2*). Résultat de leur étude statistique menée sur 25 850 personnes : en moyenne, les gauchers ont un salaire et des positions hiérarchiques au travail plus élevés. Les femmes gauchères, elles, font des études plus poussées. Cet avantage « social » pourrait constituer un élément d'explication au fait que ce caractère héritable (Un enfant a plus de chances d'être gaucher si ses parents le sont) ait perduré au fil de l'évolution, alors qu'il semble présenter des inconvénients. Plus maigrelets à la naissance, les gauchers auraient ainsi une santé plus faible selon de nombreuses études.

#### **153 milliards d'euros**

C'est le poids de l'activité économique des insectes pollinisateurs, qui a pu être chiffré grâce une enquête franco-allemande dirigée notamment par Jean-Michel Salles, du Laboratoire montpellierain d'économie théorique et appliquée (Lameta) (Laboratoire CNRS Université Montpellier 1 Inra Ensa Montpellier), à partir de données sur les cultures en 2005. Ces insectes, et notamment les abeilles, accomplissent en effet un travail énorme en contribuant à la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Or près de 35 % du tonnage mondial d'aliments d'origine végétale proviennent de cultures dépendant en partie de cette activité. Ces travaux viennent d'être publiés dans *Ecological Economics*.

### **Des ingénieurs pour les écosystèmes**

Les 11 et 12 décembre prochains, à la Cité internationale universitaire de Paris, le Groupe d'application de l'ingénierie des écosystèmes (Gaie) va réunir pour la troisième année consécutive les entreprises, les collectivités, les chercheurs et quelque 300 étudiants pour échanger sur une nouvelle discipline : l'ingénierie des écosystèmes, qui désigne l'application des principes de l'écologie à la gestion de l'environnement, comme par exemple la réhabilitation de sols pollués grâce à des plantes accumulatrices de métaux lourds. Le colloque, dont le CNRS est partenaire, aura pour thème principal : « L'agriculture écologiquement intensive ou intensivement écologique ? ».

### **Les instruments européens sous les projecteurs**

Près de 600 participants en provenance d'une trentaine de pays se réuniront les 9 et 10 décembre prochains, à Versailles, pour la 5<sup>e</sup> Conférence européenne sur les infrastructures de recherche (ECRI). Elle est organisée dans le cadre de la présidence française de l'Union européenne par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et la Commission européenne, en partenariat avec le Forum européen pour les infrastructures de recherche (ESFRI). Après avoir démontré sa détermination dans de grands projets internationaux comme Iter en parlant d'une seule et même voix, l'Europe a en effet lancé à travers l'ESFRI une démarche de mutualisation des grands instruments de la recherche, tant au niveau des processus décisionnels que de leur financement. Cette conférence, dont le CNRS est partenaire, sera l'occasion pour les décideurs politiques et les responsables scientifiques de débattre des stratégies à mener dans ce domaine.

### **Un jour de science pour la planète**

Le 18 décembre prochain, l'association Technion France organise sa grande journée scientifique annuelle sur le thème de la préservation de la planète, à la Maison de l'Unesco à Paris. Deux sessions sont au programme de ce grand évènement, dont le CNRS est partenaire : « Viabilité et mobilité des transports pour les villes de demain » et « Eau, environnement, énergie, les nouveaux défis de demain ». Parmi les intervenants spécialistes de renommée internationale sur ces questions, citons Dominique Le Quéau, directeur de l'Insu du CNRS. Le Technion – Israël Institute of Technology est la première université technologique et scientifique israélienne.

[Retour](#)

### **Enquête : 150 ans après, Le monde selon Darwin**

2009 sera l'année Darwin. Deux cents ans après sa naissance, cent cinquante ans après la parution de son ouvrage *De l'origine des espèces*, le monde s'apprête à célébrer le naturaliste anglais qui a révolutionné l'histoire de la vie, en mettant sur pied les théories de l'évolution et de la sélection naturelle. Si l'hommage est de taille, c'est que ces travaux constituent le socle de recherches capitales menées pour établir les liens de parenté entre les espèces, et comprendre leur évolution au fil des millénaires. Mais c'est aussi et sûrement pour réaffirmer certains faits scientifiques, à l'heure où les détracteurs de Darwin, créationnistes en tête, semblent regagner du terrain. Comment Darwin a-t-il échafaudé ses théories, et comment

celles-ci ont-elles évolué ? Que font ses héritiers dans les labos ? *Le journal du CNRS* a enquêté.

### **Sommaire de l'enquête :**

[De l'origine d'une théorie](#)

[Des recherches en évolution](#)

[Quand la polémique s'en mêle](#)

[Retour sommaire général](#)

### **De l'origine d'une théorie**

On annonce toujours la mort des célébrités, jamais leur naissance », plaisantait l'écrivain surréaliste Louis Scutenaire. Sans réparer cette injustice, 2009 va permettre de célébrer on ne peut plus dignement le bicentenaire de la naissance du géant de la science moderne que fut Charles Robert Darwin, en même temps que, par un heureux hasard du calendrier, le 150<sup>e</sup> anniversaire de la première édition de *De l'origine des espèces* par la voie de la sélection naturelle, sa publication majeure. Une « darwinomania » légitime, puisque la théorie de l'évolution des espèces, échafaudée par le savant à la barbe blanche et sans cesse enrichie, complétée, complexifiée par des générations de chercheurs au prix d'un nombre incalculable de travaux sur le terrain et en laboratoire, paraît indétrônable. Ce que dit Darwin au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle ? Que les organismes vivants sont en perpétuelle évolution, grâce notamment au phénomène de sélection naturelle qui fait qu'au sein d'une même espèce, les individus les plus adaptés à leur milieu se reproduisent davantage que les autres. Et que toutes les espèces (l'homme n'est pas exclu de ce schéma) descendent d'un ou de plusieurs ancêtres communs. Un bouleversement dans la vision traditionnelle chrétienne qui prévaut alors, et pour laquelle les créatures en tout genre qui peuplent la planète sont des créations divines, immuables et indépendantes les unes des autres. « *La théorie de l'évolution au sens darwinien du terme est actuellement le meilleur cadre conceptuel que nous ayons à notre disposition pour comprendre rationnellement l'instabilité du vivant, pour penser un monde naturel essentiellement dynamique* », commente Hervé Le Guyader, directeur du laboratoire « Systématique, adaptation, évolution » (Laboratoire CNRS Université Paris 6 Muséum national d'histoire naturelle IRD École normale supérieure Paris)

### **Les grands principes de l'évolution**

En ce début de troisième millénaire, l'explication des mécanismes de l'évolution biologique formulée par Darwin et ses successeurs repose sur quatre principes fondamentaux. Premièrement : « *Parmi les individus qui se reconnaissent comme partenaires sexuels potentiels, il existe des variations (physiques, génétiques, d'aptitude...). Quelle que soit la cause de cette variation, les espèces vivantes manifestent par conséquent une capacité naturelle à varier* », explique Guillaume Lecointre, chef d'équipe au laboratoire « Systématique, adaptation, évolution ». Deuxièmement, toute espèce se laisse sélectionner. Les horticulteurs qui créent, par exemple, de nouvelles variétés de roses en croisant entre elles d'anciennes variétés, et les éleveurs, qui ont fait du loup un teckel en 11 000 ans, le savent bien. « *Le simple fait que les hommes puissent changer à leur guise la morphologie d'une espèce montre bien que celle-ci est en quelque sorte "plastique", possède une capacité à être modifiée* », dit Guillaume Lecointre. Troisièmement, toutes les espèces se reproduisent aussi longtemps qu'elles trouvent des ressources alimentaires et des conditions optimales d'habitat. Leur taux de reproduction est alors tel qu'elles parviennent toujours aux limites de ces ressources ou trouvent d'autres limites, telles que la prédation qu'elles subissent de la part d'autres espèces. « *Il existe ainsi une capacité naturelle de surpeuplement observable lorsque, par exemple, des espèces allogènes envahissent brutalement un milieu fermé comme une île* », poursuit Guillaume Lecointre. Meilleur exemple : les lapins introduits au XIX<sup>e</sup> siècle en

Australie s'y sont mis à pulluler, détruisant la végétation et les cultures. Pour autant, la planète n'est pas dominée par une unique espèce hégémonique, « *mais bien au contraire peuplée de millions d'espèces en coexistence et ceci, malgré la capacité naturelle de surpeuplement de chacune d'entre elles. Ainsi, chaque espèce constitue une limite pour les autres soit en occupant leur espace, soit en les exploitant (prédation, parasitisme), soit en partageant les mêmes ressources. Bref, les autres espèces constituent autant de contraintes qui jouent un rôle d'agent sélectif* ». Quatrièmement, le succès de la croissance et de la reproduction des espèces dépend d'optima physiques (température, humidité, rayonnement solaire...) et chimiques (pH, molécules odorantes, toxines...). « *Ces éléments constituent eux aussi des facteurs contraignants, dit Guillaume Lecointre. S'ils changent, les variant* (Les variants sont des individus porteurs d'un génotype différent de celui des autres individus d'une population) *avantages ne seront plus les mêmes.* » En définitive, de multiples facteurs, au sein de l'environnement physique, chimique et biologique dans lequel évolue une espèce, induisent une sélection naturelle à chaque génération, dont le résultat est un « succès reproductif différentiel ». Traduction : au sein d'une même espèce, les individus porteurs d'une variation héritable, momentanément avantageuse par les conditions du milieu, se reproduiront davantage. « *Si ces conditions se maintiennent assez longtemps, ajoute Guillaume Lecointre, le variant avantageux finira par avoir une fréquence de 100 % dans la population. L'espèce aura alors changé.* » Conclusion, aucune espèce n'est stable dans le temps.

### **Les prédécesseurs**

S'il revient à Darwin d'avoir postulé deux grandes idées – la descendance avec modification et le rôle essentiel de la sélection naturelle dans l'adaptation des formes vivantes, donc dans l'évolution –, celles-ci ne lui sont pas venues tout à trac. Le terrain avait été débroussaillé, entre autres, par le zoologiste Jean-Baptiste de Monet, chevalier de Lamarck, et le géologue écossais Charles Lyell. C'est d'ailleurs lesté du premier volume des *Principles of Geology*, de Lyell, que le jeune Darwin quitte Plymouth fin 1831, pour effectuer un tour du monde à bord du navire *Beagle*. Un très long voyage d'exploration naturaliste au cours duquel Darwin pose le pied sur les îles Galapagos où s'ébattent des tortues terrestres, des iguanes, des otaries, des pinsons... Ces oiseaux, tout en présentant entre eux de frappantes ressemblances morphologiques, se distinguent par divers détails comme la forme et la taille de leur bec. Darwin comprend que l'isolement de ces volatiles sur des îles les a conduits, à partir d'une souche unique d'origine continentale, à présenter des variations liées probablement à des différences de mode de vie et d'habitudes alimentaires. Plus de vingt ans de labeur vont s'ensuivre avant que ne paraisse De l'origine des espèces. Deux décennies au cours desquelles Darwin « *écrit à des correspondants du monde entier, les questionne, leur demande des statistiques, se renseigne sur la systématique des espèces qu'il observe et en tient compte pour ses interprétations. Comme s'il concevait déjà que le principe selon lequel les espèces dérivent d'ancêtres communs devait être utilisé pour étudier l'acquisition des adaptations, comme on le fait aujourd'hui* », dit Michel Veuille, du laboratoire « Génomique des populations et génomique évolutive » (GDR 1928). Alors que de nombreux exégètes de Darwin font de 1859 le temps zéro d'un événement scientifique hissant la biologie au rang de science historique, l'épistémologue André Pichot, en poste au Laboratoire de philosophie et d'histoire des sciences-Archives Henri Poincaré (Laboratoire CNRS Université Nancy 2), minimise l'importance de Darwin dans l'histoire des sciences. Selon lui, « *le darwinisme de 1859 ne consiste guère qu'en la sélection naturelle. Or, celle-ci n'était plus vraiment une nouveauté au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. On trouve par exemple ce concept en 1813 chez William Charles Wells puis, en 1831, chez Patrick Matthew, qui accusera Darwin de plagiat. On sait aussi qu'Alfred Russel Wallace en avait conçu une version comparable à celle de Darwin en même temps que celui-ci. Sans oublier le pasteur, géologue et politologue Joseph Townsend, dont Darwin a quasiment recopié les thèses en ce domaine* ». En fait, poursuit André Pichot,

l'idée de sélection était déjà plus ou moins dans l'air du temps. Et si elle a fait le succès de Darwin, c'est que le moment était propice. « *La seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle a vu le triomphe du libéralisme économique* (Le libéralisme économique qui s'impose au xix<sup>e</sup> siècle dans l'Angleterre victorienne accrédite l'idée que la libre concurrence (la compétition entre entreprises) et la liberté du travail et des échanges ne doivent pas être entravées), *et Darwin a apporté à celui-ci un argument de poids en lui donnant un fondement naturel.* » Une interprétation qui fait bondir les aficionados du grand Charles. « *L'idée novatrice de Darwin, plus que la sélection naturelle, c'est la descendance avec modification, le fait que les espèces ont une histoire et sont apparentées,* intervient Hervé Le Guyader. *La désormais célèbre réunion organisée en juin 1860 à Oxford par l'évêque Samuel Wilberforce porte d'ailleurs sur ce point. Wilberforce, apostrophant le darwinien Thomas Huxley, lui demande si c'est "par son grand-père ou par sa grand-mère qu'il descend du singe" et s'attire cette réponse non moins célèbre : mieux vaut un singe qu'un imbécile...* »

### **La génétique en renfort**

Si la théorie de Darwin bouleverse la vision chrétienne traditionnelle du monde, elle souffre d'un lourd handicap : les causes et les lois de l'hérédité, ainsi que la véritable nature de son support matériel, sont encore inconnues. Tout en soutenant que la sélection naturelle est le mécanisme principal de l'évolution, il pense aussi que les caractères acquis au cours de l'existence peuvent se transmettre à la descendance. Pourtant, les contre-exemples sont faciles à trouver : ainsi, un mari devenu cul-de-jatte donne à sa femme des enfants dotés de deux jambes... « *La théorie darwinienne de la sélection naturelle connaît une "éclipse" à partir de la mort de Darwin en 1882,* intervient Michel Veuille. *Après la redécouverte des lois de Mendel sur la transmission héréditaire* (Formulées par Johann Mendel, en religion Gregor Mendel (1822-1884), ces lois stipulent que les gènes (dont Mendel ignorait l'existence) provenant de chacun des deux parents contribuent pour part égale dans la descendance) *en 1900, une science nouvelle, la "génétique des populations", va retrouver toute l'importance de la notion de "sélection naturelle". Les modèles mathématiques* (Ces modèles démontrent que des gènes dotés de petits avantages sélectifs peuvent atteindre une fréquence de 100 % dans la population) *proposés par Fisher, Haldane et Wright reçoivent la reconnaissance de la communauté scientifique en 1932. Ensuite seulement, des expérimentateurs feront de la génétique des populations naturelles une discipline "de terrain"». Les années 1940 à 1970, quant à elles, vont assister au mariage de la génétique des populations avec la zoologie, la botanique et la paléontologie, qui se regardaient jusqu'ici en chiens de faïence, et à la naissance de la « théorie synthétique de l'évolution ». Ses promoteurs, explique Guillaume Lecointre, « *cherchent à décortiquer les mécanismes engendrant la biodiversité en partant des mécanismes décrits par la génétique des populations et en intégrant les savoirs des naturalistes sur les variations naturelles géographiques au sein des espèces et sur la spéciation* (Différenciation des espèces au cours de l'évolution) ».*

### **La postérité**

Autre aménagement apporté à la théorie de l'évolution : le modèle dit « neutraliste », du généticien japonais Motoo Kimura. « *Selon ce chercheur, dit Michel Veuille, la plupart des changements observés entre le génome des diverses espèces ne s'expliquent pas par la sélection naturelle, dont il admet cependant l'existence, mais par le hasard, qui modifie insensiblement la fréquence des variations d'une génération à l'autre.* » Aux cours des dernières décennies, de nombreux autres chercheurs ont apporté de l'eau au moulin de la théorie synthétique de l'évolution et l'ont affinée. À commencer par les paléontologues Stephen Jay Gould et Niles Eldredge. Leur nouveau modèle, l'« évolution à équilibres ponctués », montre que la transformation des espèces s'opère par à-coups entrecoupés de longues plages de stagnation, souvent en réponse à des changements dans l'environnement. Pendant la phase « explosive », une petite population de « marginaux » s'isole de sa

population souche en occupant un nouvel environnement. Après avoir prospéré, elle étend son territoire et remplace (éventuellement...) la population souche de départ par compétition interspécifique, comme chez les trilobites (des arthropodes marins) de l'ère primaire. « *Ainsi interprète-t-on pourquoi, dans une série sédimentaire continue, une espèce stable durant plusieurs millions d'années se trouve brusquement supplantée par une autre espèce qui lui est apparentée* », commente Guillaume Lecointre. Associé, cette fois, à Richard Lewontin, Stephen Jay Gould corrige par la suite la vision trop « panglossienne » (Pangloss, dans Candide, de Voltaire, personnifie l'optimisme) de la théorie synthétique. Gould et Lewontin font observer que « *des variants désavantagés continuent d'apparaître en permanence, et amènent les évolutionnistes à relativiser leur impression d'«une nature bien faite»* », précise Guillaume Lecointre. *D'autre part, ils mettent en évidence que certaines structures qui paraissent handicapantes (tel l'accouchement par le clitoris chez les hyènes tachetées, qui provoque le décès d'une partie des nouveau-nés) sont en fait liées biologiquement à d'autres structures qui fournissent des avantages déterminants (comme l'agressivité des femelles), d'où leur maintien* ». Autre étape-clé dans la sophistication continue de la théorie synthétique : la méthode mise au point dans les années 1950 par l'entomologiste allemand Willi Hennig pour reconstituer l'histoire évolutive des espèces, c'est-à-dire identifier leurs degrés de parenté et construire l'arbre de la vie, et ses applications informatisées dès les années 1970. Ce remaniement complet de la systématique (la science des classifications des organismes), couplée plus tard avec le séquençage massif des génomes, va permettre de « *mettre sur le même «arbre du vivant» tout à la fois des champignons, des bactéries, des animaux... alors que, jusqu'ici, on ne pouvait classer entre eux que des vertébrés ou des végétaux* », dit Hervé Le Guyader.

### **Les apports de l'embryologie**

Dernier coup de booster en date donné à la théorie de l'évolution : l'essor de l'« évo-dévo », une discipline centrée sur l'identification des gènes à la base du développement embryonnaire, l'étude de leur répartition au sein du monde animal, et leur comparaison. De quoi mieux interpréter, en particulier, les homologies d'organes entre grands groupes d'animaux. « *Darwin aurait été séduit par la rencontre de l'embryologie, à laquelle il s'est beaucoup intéressé, avec la génétique par le biais de l'évo-dévo qui plonge le développement, et ses gènes associés, dans un cadre évolutif* », fait remarquer Hervé Le Guyader. Autant d'axes de recherche qui montrent que les idées pionnières du naturaliste anglais se sont énormément enrichies au cours du XX<sup>e</sup> siècle. « Les spécialistes de l'évolution ont aujourd'hui à leur disposition une grande palette de modèles et de mécanismes avec lesquels jouer pour rendre compte des phénomènes évolutifs, résume Michel Morange, professeur de biologie à l'université Paris-VI et à l'ENS, membre du laboratoire « Régulation de l'expression génétique » (Laboratoire CNRS École normale supérieure Paris). Leur travail ne consiste pas à tenter de falsifier la théorie darwinienne » mais à mettre à l'épreuve tel ou tel modèle de la galaxie darwinienne.

### **Dangereuse croisade contre Darwin**

« Je ne suis pas que le chevalier blanc qui pourfend le créationnisme, bien qu'il faille traiter ce sujet », vous répond Pascal Picq, du laboratoire « Paléoanthropologie et préhistoire » du Collège de France, un brin agacé d'avoir à commenter une nouvelle fois les méfaits de la croisade que mènent aux États-Unis les milieux fondamentalistes protestants contre la théorie de l'évolution. « *Ces Églises, qui professent que l'Univers et la Terre ont été créés par un dieu il y a environ 6 000 ans, ne cessent de gagner du terrain et visent à rien de moins qu'à installer une théocratie, dit-il en retrouvant tout son punch. L'Europe n'est pas à l'abri. Le regain de créationnisme auquel on assiste aujourd'hui ne constitue ni plus ni moins qu'une menace pour la laïcité et la démocratie.* » Autre courant de pensée qui a le don d'ulcérer les évolutionnistes : le « Dessein Intelligent », un « néocréationnisme » qui se présente comme une science et affirme que certains faits de l'évolution (par exemple la formation de dispositifs

structuraux et fonctionnels complexes comme l'œil) seraient à jamais inexplicables par la science, et qu'il faut donc rechercher des causes non naturelles à leur survenue. « *Le Dessein Intelligent invoque l'existence d'une "intelligence supérieure" pour expliquer la fabuleuse diversité du vivant* », dit Pascal Picq. Comment repousser les assauts du créationnisme et du Dessein Intelligent ? En réhabilitant en priorité les concepts fondateurs de la théorie de l'évolution dans les programmes scolaires.

Philippe Testard-Vaillant

Contact

Hervé Le Guyader, [herve.le\\_guyader@upmc.fr](mailto:herve.le_guyader@upmc.fr)

Guillaume Lecointre, [lecointr@mnhm.fr](mailto:lecointr@mnhm.fr)

Michel Veuille, [veuille@mnhn.fr](mailto:veuille@mnhn.fr)

André Pichot, [andre.pichot@univ-nancy2.fr](mailto:andre.pichot@univ-nancy2.fr)

Michel Morange, [morange@biologie.ens.fr](mailto:morange@biologie.ens.fr)

Pascal Picq, [pascal.picq@dbmail.com](mailto:pascal.picq@dbmail.com)

[Retour sommaire enquête](#)

### **Des recherches en évolution**

Que les scientifiques de tous horizons soient aujourd'hui dans l'impossibilité d'expliquer la totalité des faits évolutifs est bien pardonnable. Comment pourrait-il en être autrement, alors que cela fait seulement quelques dizaines d'années qu'ont été découverts l'ADN et les mécanismes moléculaires fondamentaux du vivant ? Pour autant, loin de rendre les armes devant les difficultés rencontrées, les chercheurs font flèche de tout bois pour décrypter le scénario d'un film commencé il y a 2,5 milliards d'années. « *Ces questions constituent un des champs scientifiques les plus vastes et stimulants, et ce d'autant plus qu'au-delà de son intérêt académique et pratique, étudier l'évolution fournit des clés de réflexion pour prédire l'impact des changements globaux en cours sur les organismes et les systèmes écologiques* », dit Jean-Christophe Auffray, directeur de l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier (Isem) (Institut CNRS Université de Montpellier 2).

### **Sur la piste de la diversité biologique**

Mettre les mains dans le moteur moléculaire pour comprendre comment émerge et se maintient la diversité biologique, Nicolas Galtier en a fait sa spécialité, à l'Isem. « *On peut étudier l'évolution à différents niveaux d'organisation, rappelle-t-il : à l'échelle des écosystèmes, à l'échelle des espèces, à l'échelle des organismes ou encore à l'échelle des génomes, ce que je fais. Je "regarde évoluer" des séquences d'ADN, aussi bien dans des populations actuelles qu'entre des espèces très éloignées comme les bactéries et les mammifères, sachant que certains gènes (comme ceux régulant la transcription de l'ADN en ARN et la traduction de l'ARN en protéines) sont communs à l'ensemble des organismes vivants.* » De l'art de « faire parler » les gènes pour déchiffrer les relations de parenté qui unissent les êtres vivants et reconstruire l'histoire évolutive des espèces. Mais comment expliquer que certaines d'entre elles (l'espèce humaine, par exemple) évoluent moins vite que d'autres (comme la drosophile) au niveau de leur génome ? Mystère. Les causes de ces différences de vitesse d'évolution moléculaire entre espèces restent largement inexplicables. « *Plusieurs pistes se dessinent, indique Nicolas Galtier, impliquant un lien soit avec l'apparition spontanée de changements génétiques d'une génération à l'autre, soit avec l'efficacité de la réparation de l'ADN lésé, soit avec la durée de vie moyenne d'une génération d'organismes, soit encore avec la capacité des différentes espèces à éliminer les mutations délétères (désavantageuses).* » Travailler sur les modalités et les mécanismes de l'évolution peut aussi consister, comme s'y emploie Mathieu Joron, du laboratoire « Origine, structure et évolution de la biodiversité » (Laboratoire CNRS Muséum national histoire naturelle), à plancher sur le mimétisme, un phénomène adaptatif conduisant des espèces très éloignées

génétiqnement les unes des autres à se ressembler morphologiquement. *« J'ai montré que, chez le papillon tropical Heliconius numata, la variation des couleurs des ailes est contrôlée par un seul locus (un endroit bien précis sur un chromosome), dit-il, alors que, chez d'autres espèces proches, la variation du même trait est contrôlée par 4 ou 5 locus situés sur des chromosomes différents, et implique plus de gènes. Je cherche à comprendre le "pourquoi évolutif" de ces différences d'"architectures génétiques". »*

### **Révélationns dans les labos**

Percer les mystères de l'évolution des formes vivantes consiste aussi à questionner son impact sur la diversité biologique. Pour ce faire, l'écologue Nicolas Mouquet, en poste à l'Isem, a jeté son dévolu sur la bactérie *Pseudomonas fluorescens*. L'expérience menée avec Patrick Venail, Thierry Bouvier et Michael Hochberg, dit-il, *« a consisté à créer en laboratoire, à l'aide de microplaques en plastique, différents environnements constitués de plusieurs sources de carbone (Le carbone est à la base du métabolisme des bactéries) (à base de glucose, de fructose, d'acides aminés...). Nous avons placé des bactéries strictement identiques sur le plan génétique dans chacun de nos 96 puits et nous les avons laissées libres d'évoluer pendant plus de 500 générations (soit une cinquantaine de jours), tout en déplaçant une petite fraction d'entre elles d'un puits à l'autre »*. Et alors ? Ce cocktail mélangeant hétérogénéité spatiale des ressources disponibles et dispersion a eu pour effet d'accélérer la diversification des génotypes des communautés de *Pseudomonas fluorescens* et d'accroître leur efficacité à créer de la biomasse. *« Ces travaux prouvent qu'il existe une relation positive entre la complexité de l'environnement et la diversité biologique qui peut y émerger par évolution »*, précise Nicolas Mouquet. Et montrent indirectement qu'une homogénéisation des écosystèmes terrestres, sous la pression des activités humaines, pourrait à terme réduire les capacités du vivant à se diversifier. Autre « manip » d'évolution expérimentale : celle conduite sur des acariens phytophages, se nourrissant de végétaux, toujours dans les murs de l'Isem. Principe : installer des populations de *Tetranychus urticae* dans un environnement peuplé de différentes plantes-hôtes (concombre, tomate). *« Nous laissons évoluer chacune des populations tantôt sur un seul et unique substrat, tantôt sur un substrat puis sur un autre, tantôt dans un milieu présentant un mélange de ces substrats »*, explique Isabelle Olivieri, qui pilote cette expérience. Objectif : tester les prédictions de modèles mathématiques décrivant les processus d'adaptation et de spécialisation en fonction de l'hétérogénéité du milieu, et paramétrer ces modèles pour mieux comprendre les mécanismes de ce que l'on appelle la « spéciation adaptative », en particulier dans un contexte de fragmentation croissante des habitats. *« Les résultats obtenus à ce jour montrent que même au bout de 400 générations d'évolution sur une seule et même plante-hôte, les populations présentent encore une très grande diversité génétique leur permettant de s'adapter à de nouveaux milieux, dit Isabelle Olivieri. Ce potentiel évolutif leur permet de vivre sur de nouvelles plantes-hôtes. À terme, nous aimerions mettre en évidence les gènes impliqués dans ces processus. En particulier, nous souhaitons déterminer dans quelle mesure les mécanismes d'adaptation se répètent : un processus de spécialisation donné est-il toujours réalisé de la même façon, ou bien les gènes recrutés diffèrent-ils d'une population à l'autre pour un même environnement sélectif ? »*

### **Sur le terrain...**

Pour étudier les mécanismes de l'évolution à l'origine de la biodiversité actuelle, Hervé Le Guyader écume quant à lui le plancher océanique. Ce dernier offre le gîte et le couvert à une faune extraordinaire vivant autour des sources hydrothermales ou recevant des apports énergétiques via la chute d'éléments organiques (comme des carcasses de grands cétacés) depuis la surface. *« Nous avons découvert que tous les organismes présents dans ces écosystèmes profonds vivent en symbiose avec des bactéries, ce qui signifie que le couple animal-microbes constitue l'élément-clé sur lequel porte la sélection. Autrement dit, la sélection porte sur le couple, et pas seulement sur un des deux membres du duo, dit-il. Par*

*ailleurs, nous nous sommes rendu compte que les moules de ces milieux sont apparentées avec les moules des côtes. Une des idées que nous formulons est que les “bois coulés” (des arbres précipités par les cyclones jusqu'au fond des océans) pourraient servir de moyen de colonisation à des organismes de surface qui, au fil des millénaires, se sont adaptés, qui à des carcasses de baleine, qui à des sources hydrothermales... » Autre volet des travaux du même chercheur, cette fois en « évo-dévo » : comparer des éponges, dépourvues de système nerveux, avec des méduses dotées d'un système nerveux simple et des mammifères équipés d'un système nerveux complexe. Ambition proclamée : comprendre l'origine évolutive et la fonction des gènes spécialisés dans la structuration des neurones. Pour parler d'écologie évolutive, axée sur les interactions entre les gènes, les individus, les populations et les variations de leurs milieux, direction le Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE) (Centre CNRS Universités Montpellier 1, 2 et 3 Ensa Montpellier Cirad / École pratique des hautes études Paris). Thierry Boulinier s'y ingénie à comprendre pourquoi, chez un oiseau de la zone arctique, la mouette tridactyle, les mères transfèrent à leurs petits, via le jaune de leurs œufs, des anticorps contre une bactérie transmise par une tique à laquelle les poussins risquent d'être exposés. « Ce processus adaptatif, dit-il, soulève beaucoup de questions : la capacité à transmettre des anticorps varie-t-elle entre femelles ? Les petits sont-ils efficacement protégés contre les parasites ? L'investissement est-il coûteux pour la mère ? Ce processus peut-il jouer un rôle dans la dynamique de maladies émergentes ? Nous combinons différentes approches pour aborder ces questions, de la modélisation aux expérimentations sur le terrain et en laboratoire ».*

### **Des organismes 100 % virtuels**

Mais pourquoi ne pas créer de toutes pièces, à coups de programmes informatiques, des organismes 100 % virtuels et observer « en direct » tous les événements qui se produisent au cours de leur évolution ? Cette séduisante idée, Guillaume Beslon la met en pratique au Laboratoire d'informatique en images et systèmes d'information (Liris) (Laboratoire CNRS Insa Lyon Universités Lyon 1 et 2 École centrale de Lyon) et à l'Institut Rhône-Alpin des systèmes complexes (Ixxi). Alors que la phylogénie reconstruit « après coup » les étapes de l'évolution d'espèces réelles qui ont survécu jusqu'à aujourd'hui ou qui nous ont légué des traces fossiles, « nous faisons exactement l'inverse, explique-t-il. Au lieu de regarder vers le passé, nous suivons, sur des dizaines de milliers de générations, l'évolution d'organismes artificiels, chacun doté d'un ADN virtuel simplifié inspiré des bactéries, que nous réunissons en populations. En introduisant des mécanismes de mutation et de sélection biologiquement plausibles, nous assistons à la “vraie” évolution de faux organismes ! » Avantage principal de ce modèle : pouvoir suivre tous les événements subis par les organismes au cours d'une expérience, y compris ceux dont la phylogénie aurait perdu la trace. « En fait, nous fabriquons les algorithmes de mutation mais ces dernières se produisent au hasard. Nous ne décidons pas nous-mêmes dans quelle partie du génome elles vont se produire ni à quel moment », précise la bio-informaticienne Carole Knibbe, qui travaille sur le même projet. Lequel a d'ores et déjà livré des résultats inattendus. Les chercheurs ont ainsi eu la surprise de constater que la taille des génomes de leurs « organismes artificiels » était directement influencée par leur probabilité de subir certaines mutations au cours de la reproduction. « Nous avons, en particulier, découvert un lien entre la proportion de séquences non codantes (Ces séquences correspondent aux séquences d'ADN qui ne codent pas pour une protéine) dans un génome et le taux de mutation auquel ce dernier est soumis », disent-ils. Un résultat qui pourrait permettre de mieux comprendre le rôle de cet ADN non codant dans les phénomènes évolutifs « in vivo ». Telles sont quelques-unes des multiples facettes des recherches menées aujourd'hui pour élucider la mise en place des mécanismes évolutifs. Autant de travaux qui prouvent que l'adage du généticien américano-russe Theodosius Dobzhansky (1900-1975) a

conservé toute sa pertinence : « Rien n'a de sens en biologie, si ce n'est à la lumière de l'évolution. »

### **Quand l'évolution se boit comme du petit lait**

Si un exemple prouve que des différences culturelles induisent des modifications biologiques et se répercutent sur la diversité génétique de sapiens sapiens, c'est bien la lactase, une enzyme intestinale permettant de digérer le lactose (un sucre nécessaire à la croissance des enfants) présent dans le lait. « Cette enzyme, rappelle Évelyne Heyer, responsable de l'équipe de génétique des populations du laboratoire « Éco-anthropologie et ethnobiologie » (Laboratoire CNRS Muséum national histoire naturelle Université Paris 7), est en général inactivée chez les mammifères après le sevrage, ce qui les empêche de digérer le lait au stade adulte. Or, dans certaines populations humaines, notamment en Europe du Nord (Suède) et en Afrique de l'Est (chez les Tutsis), une forte proportion d'adultes (jusqu'à 90 %) présentent une lactase active. » Le point commun entre ces groupes ? Tous sont constitués d'éleveurs ou de descendants d'éleveurs et accordent au lait une place prépondérante dans leur alimentation depuis plusieurs milliers d'années. « Quand ces populations se sont mises à boire beaucoup de lait frais, poursuit Évelyne Heyer, les individus capables de le digérer ont présenté un avantage sélectif (meilleure absorption de calcium, meilleure résistance à la déshydratation...). Les outils de la génétique des populations nous permettent même de dater le moment où cette mutation a commencé à augmenter en fréquence. » Pour la mutation européenne, cet âge est estimé à 8 000-9 000 ans, des dates cohérentes avec ce que l'archéologie nous apprend de la domestication des animaux d'élevage.

### **La pollution, facteur d'évolution ?**

Quel est l'impact des polluants atmosphériques issus du trafic routier sur la fertilité féminine donc, à terme, sur l'évolution de l'espèce humaine ? L'étude, baptisée Atmos-Fer (« Pollution atmosphérique et fertilité humaine »), à laquelle participe Lyliane Rosetta, du Laboratoire « Dynamique de l'évolution humaine : individus, populations, espèces » du CNRS devrait permettre d'y voir un peu plus clair. Mille Françaises de 18 à 44 ans n'utilisant pas de contraception et souhaitant mettre en route une grossesse ont été « recrutées » pour les besoins de cette enquête. « Nous avons demandé à ces femmes de nous faire parvenir un prélèvement urinaire effectué tous les deux jours d'un cycle menstruel complet, explique Lyliane Rosetta. Nous dosons actuellement l'œstradiol (une hormone sécrétée en grande quantité juste avant l'ovulation) et la progestérone (sécrétée après l'ovulation) qui se trouvent dans ces échantillons biologiques. » Objectif : savoir si ces femmes, à qui les chercheurs demandent également un échantillon de cheveux pour doser les polluants qu'ils contiennent, présentent un cycle perturbé et, si tel est le cas, comprendre dans quelle mesure cette anomalie est liée à la mauvaise qualité de l'air dans leur environnement direct. En termes évolutifs, dit Lyliane Rosetta, il y a tout lieu de penser que « si la pollution atmosphérique influe de plus en plus sur la probabilité de grossesse, les femmes les plus fertiles s'en "sortiront mieux" que les femmes moins fertiles qui, elles, auront plus de difficultés à se reproduire ». Résultats définitifs attendus début 2010.

Philippe Testard-Vaillant

Contact

Jean-Christophe Auffray, [jean-christophe.auffray@univ-montp2.fr](mailto:jean-christophe.auffray@univ-montp2.fr)

Nicolas Galtier, [nicolas.galtier@univ-montp2.fr](mailto:nicolas.galtier@univ-montp2.fr)

Matthieu Joron, [joron@mnhn.fr](mailto:joron@mnhn.fr)

Nicolas Mouquet, [nmouquet@univ-montp2.fr](mailto:nmouquet@univ-montp2.fr)

Isabelle Olivieri, [isabelle.olivieri@univ-montp2.fr](mailto:isabelle.olivieri@univ-montp2.fr)

Thierry Boulinier, [thierry.boulinier@cefe.cnrs.fr](mailto:thierry.boulinier@cefe.cnrs.fr)

Guillaume Beslon, [guillaume.beslon@liris.cnrs.fr](mailto:guillaume.beslon@liris.cnrs.fr)

Carole Knibbe, [carole.knibbe@liris.cnrs.fr](mailto:carole.knibbe@liris.cnrs.fr)

### **Quand la polémique s'en mêle**

Bien des théories évolutionnistes se sont évertuées à appliquer le darwinisme aux sociétés humaines. Nées du bouillonnement des échanges entre sciences de la vie et sciences sociales durant la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, les figures du « darwinisme social » – qui assimile la société des hommes à une espèce animale, dont la « santé » passe par l'élimination des éléments les plus improductifs (criminels, alcooliques, infirmes...) – ne cessent de soulever des polémiques. En question : le rôle exact de la pensée darwinienne dans l'émergence d'idéologies aux relents nauséabonds, comme l'eugénisme, qui prescrit une « sélection artificielle » des êtres humains. Inlassable exégète de Darwin, le philosophe Patrick Tort, créateur et directeur de l'Institut Charles Darwin international, dédouane catégoriquement le naturaliste britannique de toute responsabilité dans l'émergence de ces dérives sociologiques (lire l'encadré ci-dessous). Beaucoup moins amène avec Darwin, André Pichot ne l'entend pas du tout de cette oreille. « *Darwin n'était ni plus ni moins raciste, esclavagiste et sexiste que ses contemporains, dit-il. Mais du darwinisme sont sorties toutes sortes de théories sociologiques et politiques qui ont fait de la concurrence, de la guerre et du massacre les principes explicatifs des sociétés et de leur évolution. Lisez ce qui s'écrivait avant et pendant la guerre de 14-18, et jusque dans les années 1930 ! Darwin n'a jamais protesté contre les idées eugénistes et racistes de son cousin Galton. Et son propre fils, le major Leonard Darwin, a été pendant des années le président de la Fédération internationale des organisations eugénistes.* » Le débat n'a pas fini de faire rage. Quoi qu'il en soit, souligne Dominique Guillo, du Groupe d'étude des méthodes de l'analyse sociologique (Gemas) (Groupe CNRS Université Paris 4), les sciences sociales, après avoir été associées de très près à la biologie et à ses dérives au moment de leur naissance, ont gagné leur autonomie institutionnelle au début du xxe siècle en se désamarrant progressivement des sciences de la vie. Certes, le darwinisme social, eugéniste, raciste et impérialiste, a continué à proliférer, inspirant directement, entre autres, les horreurs nazies. Mais pendant des décennies, « *la sociologie et l'anthropologie universitaires ont globalement tenu à distance la biologie, s'abritant derrière le principe d'une frontière infranchissable entre nature et culture* », dit Dominique Guillo.

### **De la nature à la culture**

Un découpage contesté, au milieu des années 1970, par les théories de la culture néodarwiniennes, sous l'impulsion, principalement, de l'entomologiste américain Edward O. Wilson dont le pavé de 600 pages, *Sociobiology*, déclenche de furieuses controverses dans le Landerneau intellectuel occidental. Dans sa version radicale, l'argumentation des sociobiologistes se résume à une proposition simple et très sommaire : beaucoup de comportements sociaux sont régis par des mécanismes génétiques et par le principe de la sélection naturelle, chez l'animal comme... chez l'homme. « *Wilson a cherché à transposer les fondements de la logique darwinienne à toute une série de phénomènes sociaux et culturels humains : la morale, la religion, la division du travail homme/femme...* dit Dominique Guillo. *Pour lui, les normes sociales, comme l'évitement de l'inceste, sont l'expression de dispositions biologiques ancrées dans des gènes qui auraient été sélectionnés chez nos ancêtres, tout au long de la préhistoire, pour les avantages qu'ils procuraient.* » Le déterminisme réductionniste formulé par la sociobiologie humaine accouchera d'une version plus « douce », du moins en apparence : la psychologie évolutionniste. Les promoteurs de cette idéologie admettent que les choses se compliquent un peu pour l'espèce humaine, pour laquelle on ne peut négliger la complexité des mécanismes cérébraux et l'importance de la

transmission culturelle et sociale. Mais le principe de base reste le même. « *Pour ces théoriciens, assure Dominique Guillo, les comportements des sociétés animales et humaines sont commandés en dernière instance, plus ou moins directement, par des gènes spécifiques retenus par la sélection naturelle.* » Autre rejeton encore plus éloigné, voire aux antipodes de la sociobiologie sur certains points : la mémétique, issue des travaux de l'éthologiste anglais Richard Dawkins. Ce courant de pensée, vigoureux outre-Atlantique, applique aux sociétés humaines les mécanismes de l'évolution modélisés par le darwinisme, mais uniquement par analogie. Pour Dawkins, explique Dominique Guillo, « *il existe des idées élémentaires, qu'il appelle des mèmes, propres à chaque culture : l'idée de Dieu, une chanson, une certaine façon de cuisiner... Ces mèmes fonctionnent comme des gènes. Ils sautent d'un cerveau à l'autre, se répandent dans les populations en se répliquant, se font concurrence pour "coloniser" le maximum de têtes et mutent lorsque quelqu'un introduit une innovation technique dans un procédé industriel, invente un nouveau style vestimentaire... Ces mutants peuvent soit disparaître rapidement (comme dans le cas des modes), soit s'imposer durablement (comme le mème de l'idée de Dieu)* ». Autrement dit, les mèmes, comme les gènes, sont soumis à un processus de sélection. Dans la mémétique, commente Dominique Guillo, « la culture humaine apparaît donc déconnectée de l'évolution biologique, celle des gènes ». Au croisement des deux précédentes théories, un autre modèle néodarwinien de la culture, la « coévolution gène/culture », se propose quant à lui de ménager la chèvre et le chou en tentant d'estimer le poids respectif des facteurs biologiques et des déterminants culturels dans l'évolution de l'homme. « *Cette tendance passe en revue les différents cas de figure, dit Dominique Guillo, de la reconnaissance de l'implication de facteurs génétiques dans certaines pratiques humaines à des situations dans lesquelles l'évolution culturelle est totalement indépendante des gènes.* » Pour l'anthropologue américain William. H. Durham, le cannibalisme culturellement valorisé chez les Fores de Nouvelle-Guinée pour s'approprier les vertus guerrières d'un ennemi tué au combat illustre ce dernier point. Car ces pratiques auraient fini par déclencher l'apparition d'une maladie neurophysiologique mortelle, le kuru, une variante de la vache folle.

### **Racisme : Darwin disculpé**

Darwin était-il raciste ? Peut-on accuser sa théorie de l'évolution d'avoir mis en branle les pires dérives inégalitaires que l'humanité ait connues au XX<sup>e</sup> siècle ? Pour le philosophe Patrick Tort, la réponse tient en un mot : non. « *Le racisme renferme une survalorisation des qualités inhérentes de la "race" et une condamnation du mélange absolument opposées aux conceptions de Darwin,* dit-il. *Ce dernier l'a combattu à la fois par tradition familiale, par révolte personnelle après son passage au Brésil, et par conviction théorique.* » Le naturaliste britannique était-il tout aussi clairement anti-esclavagiste ? Il le fut « absolument et constamment », assure le même expert en rappelant à tous ceux qui soutiennent que Darwin est à l'origine des déviations sulfureuses de sa théorie que L'Origine des espèces paraît fin 1859. Pour ne pas nuire à la réception de ses thèses, « *Darwin s'interdira pendant plus d'une décennie toute déclaration publique sur l'homme. Or, c'est précisément au cours de ces dix années que le philosophe anglais Herbert Spencer développe son "système synthétique de philosophie" qui débouche sur une sociologie célébrant le triomphe des « méritants » et la non-assistance aux pauvres* ». À la même époque, le jeune cousin de Darwin, Francis Galton, invente l'eugénisme. Faisant l'une et l'autre référence à la théorie darwinienne, ces théories « *convergent vers le principe de l'élimination nécessaire des faibles. Darwin, à l'inverse, voit dans la protection de ces derniers l'indice du degré de "civilisation" et congédie sans appel l'eugénisme de Galton au chapitre 5 de La filiation de l'homme* », dit Patrick Tort. D'où la nécessité, conclut celui-ci, de mener à bien la traduction française intégrale de l'œuvre qui est en cours aux éditions Slatkine.

Philippe Testard-Vaillant

Contact

Dominique Guillo, [dominiqueguillo@yahoo.fr](mailto:dominiqueguillo@yahoo.fr)

Patrick Tort, [patrick.tort@wanadoo.fr](mailto:patrick.tort@wanadoo.fr)

[Retour sommaire enquête](#)