

81

Juin 2010

fnrs news

LE MAGAZINE DU FONDS DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - FNRS - TRIMESTRIEL N°81 • Juin 2010

Dossier Biodiversité

La biodiversité,
une urgence mondiale p05

Un centre de recherche
à l'UCL p08

Quand la génétique plonge
au cœur du bassin du Congo p10

Le milieu marin tire
la sonnette d'alarme p12

Quand les Enchantées
déchantent p14



2010 Année Internationale de la Diversité Biologique

ÉDITO

01

NEWS

A lire
Agenda

02



BIO-DIVERSITÉ

Dossier

05

RENCONTRE

Marco Dorigo :
chronique d'une carrière
scientifique réussie

16

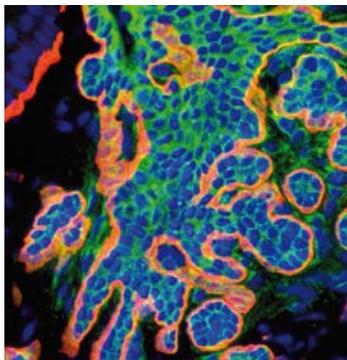


MATHÉMA-
TIQUES

Des chiffres et des gènes

18

- 05 La biodiversité, une urgence mondiale
- 08 Un centre de recherche à l'UCL
- 10 Quand la génétique plonge au cœur du bassin du Congo
- 12 Le milieu marin tire la sonnette d'alarme
- 14 Quand les enchantées déchantent



BIOMÉDICAL

- 20 L'origine cellulaire des cancers
- 22 Être ou ne pas être conscient

20

ÉCONOMIE

Penser une transition post-capitaliste

24

PSYCHO

Bienveillant... mais sexiste

26

SÉISMIQUE

Bien construire pour évacuer dans de bonnes conditions

28

GÉOLOGIE

Une micropaléontologue belge fait reculer l'âge des plus anciens fossiles!

30



TÉLÉVIE

22^e Télévie

32

fnrSnews

fnrS news est édité par le Fonds de la Recherche Scientifique - F.R.S.-FNRS

Une version électronique de fnrS news est disponible sur le site www.frs-fnrS.be

Éditeur en Chef : Véronique Halloin
Secrétaire générale, rue d'Egmont 5 - 1000 Bruxelles

Rédacteur en Chef : Christel Buelens
christel.buelens@frs-fnrS.be

Relecture : Véronique Pirsoul

Rédaction : Audrey Binet, Paul Devruyst, Pierre Dewaele, Elise Dubuisson, Henri Dupuis, Philippe Lambert, Carine Maillard, Jean-Paul Vankeerberghen, Julie Van Rossom

Réalisation : www.chriscom.eu

Remerciements :

La rédaction remercie celles et ceux qui ont contribué à l'élaboration des articles et des illustrations, en particulier Nicolas Schtickzelle, Jérôme Mallefet, Olivier Hardy, Fabienne Nyssen, Marco Dorigo, Daniele Catanzaro, Cédric Blanpain, Steven Laureys, Christian Arnsperger, Marie Sarlet, Benoît Dardenne, Hervé Degée et Emmanuel Javaux.

La reproduction des articles publiés n'est pas autorisée, sauf accord préalable du Fonds de la Recherche Scientifique F.R.S.-FNRS et mention de leur provenance.

fnrS
LA LIBERTÉ DE CHERCHER

Édito

Biodiversité, une priorité pour la recherche

Au moins 3,2 milliards d'années que la vie existe sur Terre ! Emmanuelle Javaux, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS est formelle, son travail vient d'ailleurs d'être reconnu par les experts et publié dans la revue Nature (p 30). Après 3.2 milliards d'années et 5 extinctions dont la dernière a mis fin à 75% des espèces vivantes parmi lesquelles les dinosaures, où en sommes nous ? La 6^{ème} extinction est-elle en cours ? Cela semble incroyable...

Et pourtant l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) a publié l'édition 2009 de sa « Liste rouge » des espèces menacées. Le constat est alarmant: l'humanité est la cause de la disparition d'une espèce sur trois ! Alors que pour les 5 autres extinctions, seuls les facteurs externes étaient mis en cause, c'est la première fois qu'un facteur interne vient troubler l'équilibre : NOUS.

En 2010, année de la biodiversité, est-il encore utile de rappeler qu'il est primordial de protéger la biodiversité, que l'homme y puise ressources alimentaires et matières premières nécessaires à sa vie ? Il semble que oui ! La complexité du problème appelle des compétences variées et complémentaires. Une approche multidisciplinaire est essentielle et les chercheurs du F.R.S.-FNRS s'y attellent sans relâche. Nos chercheurs parcourent la planète pour comprendre, apprendre, analyser, découvrir le pourquoi du comment de la vie et sa diversité. De l'Antarctique au Congo en passant par la Méditerranée, et la Belgique, les techniques les plus sophistiquées sont utilisées pour étudier arbres, algues, papillons, poissons, échinodermes, bactéries, faune et flore en tout genre (p 5). La génétique, la biologie moléculaire et l'informatique sont autant d'outils qui permettent à nos chercheurs d'avancer dans la compréhension des mécanismes qui régissent les interactions dans et entre les écosystèmes.

L'économie ne doit pas être laissée pour compte dans cette problématique. Des changements essentiels et radicaux de nos modes de vie sont à envisager. C'est en tout cas ce que préconisent les résultats de recherches menées à la Chaire Hoover de l'Université Catholique de Louvain (UCL) (p 24).

Au même titre que les cancers sont une priorité en santé publique, la biodiversité s'inscrit dans les priorités de politique de recherche.

Véronique Halloin
Secrétaire générale F.R.S.-FNRS



News



DE HIROSHIMA À LA MINIGREFFE

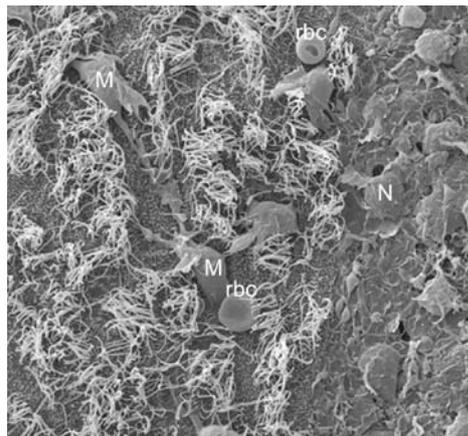
L'arrêt de production de cellules du sang par la moelle osseuse est la cause des décès consécutifs à l'explosion de la bombe d'Hiroshima. Ce constat avait intrigué les médecins et ceux-ci s'étaient rendu compte que l'irradiation subie par les patients avait complètement détruit leurs cellules hématopoïétiques. L'ombre d'un conflit atomique a poussé les chercheurs à trouver un moyen pour survivre aux radiations. De fil en aiguille, la greffe de moelle s'est avérée être la seule solution. Et aujourd'hui on soigne des leucémies réfractaires par une irradiation des patients suivie d'une allogreffe de moelle. Cependant, cette technique est non seulement très lourde pour le patient en termes de chimio/radiothérapie mais en plus elle est limitée aux patients relativement jeunes pour des raisons de toxicité. Les travaux du Professeur Storb à Seattle, ont permis de remettre ce paradigme en cause. En effet, partant d'une découverte vieille de 30 ans qui montre que certaines cellules du greffon étaient capables de détruire les cellules tumorales, Storb développe les minigreffes, une technique de greffe non myéloablatrice basée sur l'effet immunologique de la greffe contre la tumeur et demandant un traitement préalable moins intensif. Outre leur efficacité et leur faible toxicité, les minigreffes sont tolérées jusqu'à 75 ans. Le docteur Baron, Maître de recherches F.R.S.-FNRS, a cherché à optimiser ces minigreffes grâce à des travaux de recherches réalisés dans l'équipe du Professeur Storb à Seattle, et dans celle du Professeur Beguin à Liège. C'est pour ces travaux que Frédéric Baron a reçu le prix Inbev Baillet-Latour de la recherche clinique 2010.

Frédéric Baron, MD, PhD - Département de médecine Division d'hématologie, ULg
f.baron@ulg.ac.be

++ www.inbevbaillatour.com

L'INTÉGRITÉ DU CERVEAU NE TIENT QU'À UN CIL...

Celsr2 et Celsr3, deux protéines qui organisent la polarité cellulaire sont mises en cause dans le bon fonctionnement du cerveau. En effet, celui-ci baigne dans un liquide appelé liquide céphalorachidien qui absorbe et amortit les chocs qui pourraient endommager le cerveau. Le liquide céphalorachidien est renouvelé plusieurs fois par jour et circule dans le système ventriculaire grâce aux battements coordonnés de cils qui tapissent la surface des cellules des ventricules cérébraux et les obstacles à sa circulation conduisent à une dilatation de ces ventricules, une situation appelée hydrocéphalie. L'équipe du Professeur André Goffinet et de Fadel Tissir, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS de l'IoNS à l'UCL, a mis en évidence qu'une déficience en Celsr2 et Celsr3 conduit à une malformation et à un défaut d'ancrage des cils. Ceux-ci sont alors inefficaces, la progression du liquide céphalorachidien est perturbée, le liquide s'accumule entraînant une hydrocéphalie et la dégénérescence des tissus nerveux conduit à la mort des animaux testés. Ces travaux sont publiés et en couverture de Nature Neuroscience du mois de juin.



Fadel Tissir, PhD / André Goffinet, PhD - Institute of Neuroscience (IoNS), UCL
Andre.goffinet@uclouvain.be
Fadel.Tissir@uclouvain.be

++ www.nature.com



TRAPPIST, EXOPLANÈTES ET COMÈTES

L'Institut d'Astrophysique et de Géophysique de l'Université de Liège inaugurerait en août son télescope robotique, TRAPPIST (Transiting Planets and Planetisimals Small Telescope), installé dans un des meilleurs sites astronomiques de notre planète, l'observatoire

de la Silla au Chili. Financé par le F.R.S.-FNRS, ce télescope est essentiellement dédié à l'étude des exoplanètes et l'observation des comètes de l'hémisphère sud. Au sein de l'équipe du Professeur Magain, et avec la collaboration de Michaël Gillon, Emmanuel Jehin, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS, s'apprête à scruter l'espace à la recherche de nouveaux mondes et ce sans quitter la Belgique! En effet, le télescope, une fois installé, fonctionnera en mode automatique et sera télécommandé depuis Liège.

Emmanuel Jehin, PhD / Pierre Magain, PhD
Institut d'Astrophysique et de Géophysique, ULg
ejehin@ulg.ac.be
Pierre.Magain@ulg.ac.be



++ www.ago.ulg.ac.be
++ www.eso.org

LE VRAI HASARD EXISTE...

Des chercheurs de l'ULB ont conçu un nouveau type de générateur de nombres aléatoires, pour des communications sécurisées et d'autres applications, qui est cryptographiquement sûr et dont le caractère aléatoire est certifié par les lois de la physique. Bien que les événements qui nous entourent puissent sembler fortuits et inopinés, aucun d'entre eux n'est réellement aléatoire au sens où on ne pourrait pas les prédire même avec suffisamment d'informations. Le vrai hasard, en effet, est presque impossible à trouver. Cette situation est une source constante de préoccupation pour les cryptographes qui doivent utiliser de longues suites de nombres aléatoires comme « clefs » pour coder et décoder des données et messages sensibles. En pratique, ils font appel à divers algorithmes mathématiques appelés « générateurs de



nombres pseudo-aléatoires » pour tenter de s'approcher de l'idéal. Mais ils ne peuvent jamais avoir la certitude que le système est invulnérable à des adversaires ou qu'une suite en apparence aléatoire ne soit pas, en fait, prévisible d'une manière ou d'une autre. Stefano Pironio, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS et Serge Massar, Directeur de recherches F.R.S.-FNRS, de l'ULB, en collaboration avec une équipe de chercheurs européens et américains, viennent cependant de démontrer une méthode qui permet de produire une suite de nombres dont le caractère aléatoire peut être certifié par les principes de la physique quantique. Ils rapportent leurs résultats dans la revue Nature.

Stefano Pironio, PhD / Serge Massar, PhD –
Laboratoire d'informatique quantique, ULB
Stefano.Pironio@ulb.ac.be
smassar@ulb.ac.be

++ www.nature.com



NUIT DES CHERCHEURS

Initiative de la Commission Européenne, la 5^{ème} Nuit européenne des chercheurs aura lieu le 24 septembre 2010 dans plus de 20 pays d'Europe. Universités, musées, instituts de recherche proposent des spectacles et des divertissements ayant comme thème la Science. L'objectif de cet événement est de donner au public, et en particulier aux jeunes, la possibilité de rencontrer des chercheurs dans le contexte d'activités festives et « amusantes » et de mettre l'accent sur l'intérêt de poursuivre une carrière de chercheur.

« DÉCROCHE LA LUNE, SI TU N'Y ARRIVES PAS, TU POURRAS TOUJOURS ATERRIR SUR UNE ÉTOILE... »

A l'origine de l'identification de mutations génétiques associées à plusieurs maladies, Leena Peltonen était une des généticiennes les plus reconnues au monde et une pionnière dans le domaine. Elle a réussi à décrocher la lune comme lui ont conseillé ses 3 enfants. Elle a signé plus de 400 publications et reçu de nombreux prix internationaux dont le prix Inbev Baillet-Latour en 2006. Elle était professeure à l'Université d'Helsinki et au « National Public Health Institute of Finland ». Titulaire de plusieurs chaires à l'étranger, elle a aussi établi un important centre de recherches en génétique à l'« University of California Los Angeles (UCLA) » et dirigé la division génétique humaine dans le principal centre de recherche sur le génome en Europe, le Wellcome Trust Sanger Institute à Cambridge, au Royaume-Uni. Etant parmi les 22 membres fondateurs du Conseil Européen de la Recherche (CER), Leena Peltonen n'a eu de cesse que de promouvoir le financement de la recherche en Europe. Son décès laisse un grand vide dans la communauté scientifique même si elle confiait au magazine Lancet, qu'en tant que généticienne, elle croyait en une vie après la vie, par le biais de ses enfants et ses étudiants.



CONJUGUER MATHÉMATIQUES ET MUSIQUE

Le philosophe et mathématicien GW Leibniz disait : « La musique est un exercice d'arithmétique secrète, et celui qui s'y livre ignore qu'il manie les nombres. ». Cette citation ne s'applique cependant pas à Nicolas Franco, un jeune aspirant F.R.S.- FNRS au FUNDP qui en plus de faire son doctorat en mathématiques est un musicien hors pair pour qui les chiffres n'ont pas de secret. Ce virtuose a été sélectionné pour la 16^{ème} édition du célèbre concours Reine Elisabeth consacré au piano. Malheureusement, pour Nicolas Franco le rêve d'une finale dans la magnifique salle des Beaux-Arts s'est achevé lors des premières épreuves. Toutes nos félicitations pour ce fabuleux parcours...

Nicolas Franco, doctorant –
Département de mathématique, FUNDP
Nicolas.franco@fundp.ac.be



Migration internationale et intégration



Marco Martiniello et Jan Rath ont réussi la prouesse de rassembler dans un seul et même ouvrage ce que toute personne ayant un intérêt pour l'immigration en Europe et ses conséquences voudrait pouvoir consulter.

Selected Studies in International Migration and Immigrant Incorporation – Marco Martiniello (Directeur de recherches F.R.S.-FNRS/ULB), Jan Rath, Amsterdam University Press, coll. Imiscoe Textbooks, 2010

Le partenariat à l'épreuve du terrain



Dans le discours mondialisé du développement, l'éducation pour tous figure en bonne place parmi les objectifs du millénaire. Les organisations de la société civile sont censées apporter de nouvelles ressources et instaurer progressivement une «bonne gouvernance» impliquant des espaces participatifs à tous les niveaux. Au départ de cinq enquêtes de terrain – quatre en Afrique, une en Amérique latine – les auteurs du présent ouvrage se proposent d'analyser des situations concrètes où ce partenariat a pris corps.

Société civile et éducation – Pierre Petit (Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS/ULB), éd. Académia-Bruylant, coll. Espace Afrique, 2010

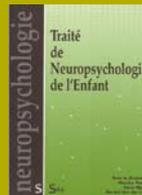
Elections et médias en Afrique centrale



Dans six pays d'Afrique centrale, ont été organisés, au cours de la dernière décennie, des élections pluralistes censées clore définitivement un processus de paix, après un conflit armé. Juxtaposant les expériences, et les témoignages de journalistes de ces pays, ce livre montre comment les médias ont tâché de couvrir les différentes phases du processus électoral.

Elections et médias en Afrique centrale. Voie des urnes, voix de la paix ? – Marie-Soleil Frère (Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS/ULB), éd. Karthala, coll. Homme et société, 2010.

Traité de neuropsychologie de l'enfant



Le but de cet ouvrage est de fournir une vue d'ensemble des connaissances scientifiques qui se sont accumulées au cours de ces dernières années, et ceci pour les principales fonctions cognitives ainsi que les populations les plus fréquemment examinées en neuropsychologie de l'enfant. Dans les cas pertinents, les principaux outils d'évaluation disponibles seront développés et des pistes rééducatives discutées.

Traité de neuropsychologie de l'enfant - Martine Poncelet, Steve Majerus (Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS/ULG), Martial Van der Linden, éd. SOLAL, 2009

La psychanalyse, un mythe



Les psychologues Nicolas Gauvrit et Jacques Van Rillaer ont étudié de près les conceptions de Freud et celles qui en sont dérivées. Ils estiment qu'une grande part de son travail relève du mythe. Tout en rappelant l'intérêt de quelques concepts du freudisme, l'ouvrage met en lumière ses principales erreurs et illusions.

Les psychanalyses : des mythologies du XX^{ème} siècle ? Nicolas Gauvrit, Jacques Van Rillaer (Professeur/UCL), éd. Book-e-book, coll. Une chandelle dans les ténèbres, 2010

La Parole de l'enfant en souffrance



Les pédopsychiatres de l'UCL Jean-Yves Hayez et Emmanuel de Becker publient un ouvrage qui analyse les propos qu'un enfant peut tenir en situation de souffrance. Savoir si ces propos sont toujours le reflet de la réalité ou s'ils sont biaisés par les événements difficiles que l'enfant est amené à vivre.

La Parole de l'enfant en souffrance – Jean-Yves Hayez (Professeur émérite/UCL), Emmanuel de Becker (Psychiatre/UCL), éd. Dunod, 2010

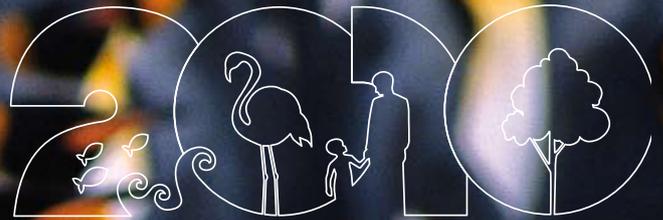
AGENDA

| | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------|---|
| Epigenetic Mechanisms in Health and Disease | 18 juin | Bruxelles | http://www.brusselsepigeneticsmeeting.net/ |
| 39th Liège International Astrophysical Colloquium, the multi-wavelength view of hot, massive stars | 12-16 juillet | Liège | http://www.ago.ulg.ac.be/PeM/Coll/Liac39/ |
| La Fête des abeilles | 7 juillet | Bruxelles | http://www.sciencesnaturelles.be/active/biodiv2010/biodiv2010_site/programme/pollenpicnic |
| EBEC 2010 - 16th European Bioenergetics Conference | 17-22 juillet | Warsaw, Pologne | http://www.ebec2010.mawitech.nstrefa.pl/ |
| Exposition au Palais royal "Des hommes et des animaux" | 27 juillet au 15 septembre | Bruxelles | |
| 15th International Congress of Photosynthesis | 22-27 août | Pekin, Chine | http://www.psbj2010.com |
| Journée d'information sur deux installations de recherches européennes: l'ESS et l'European XFEL | 10 septembre | Bruxelles | http://perso.fundp.ac.be/~jghijssen/synchro_f.html |
| International Conference "African Churches' in Europe, Mediating Imaginations" | 8-10 décembre | Bruxelles | http://amc.ulb.ac.be/spip.php?article160 |
| Ouverture d'une salle permanente consacrée à la biodiversité - Musée des Sciences naturelles | 9 décembre | Bruxelles | http://www.sciencesnaturelles.be/active/biodiv2010/biodiv2010_site/programme/gallery |

**NOUS
CHERCHONS
TOUS QUELQUE
CHOSE, LES 2500
CHERCHEURS DE F.R.S. -
FNRS TROUVENT DES
SOLUTIONS DANS TOUS LES
DOMAINES DE LA SCIENCE
AIDEZ-LES, AIDEZ-VOUS
001-600000-44**

La biodiversité, une urgence mondiale

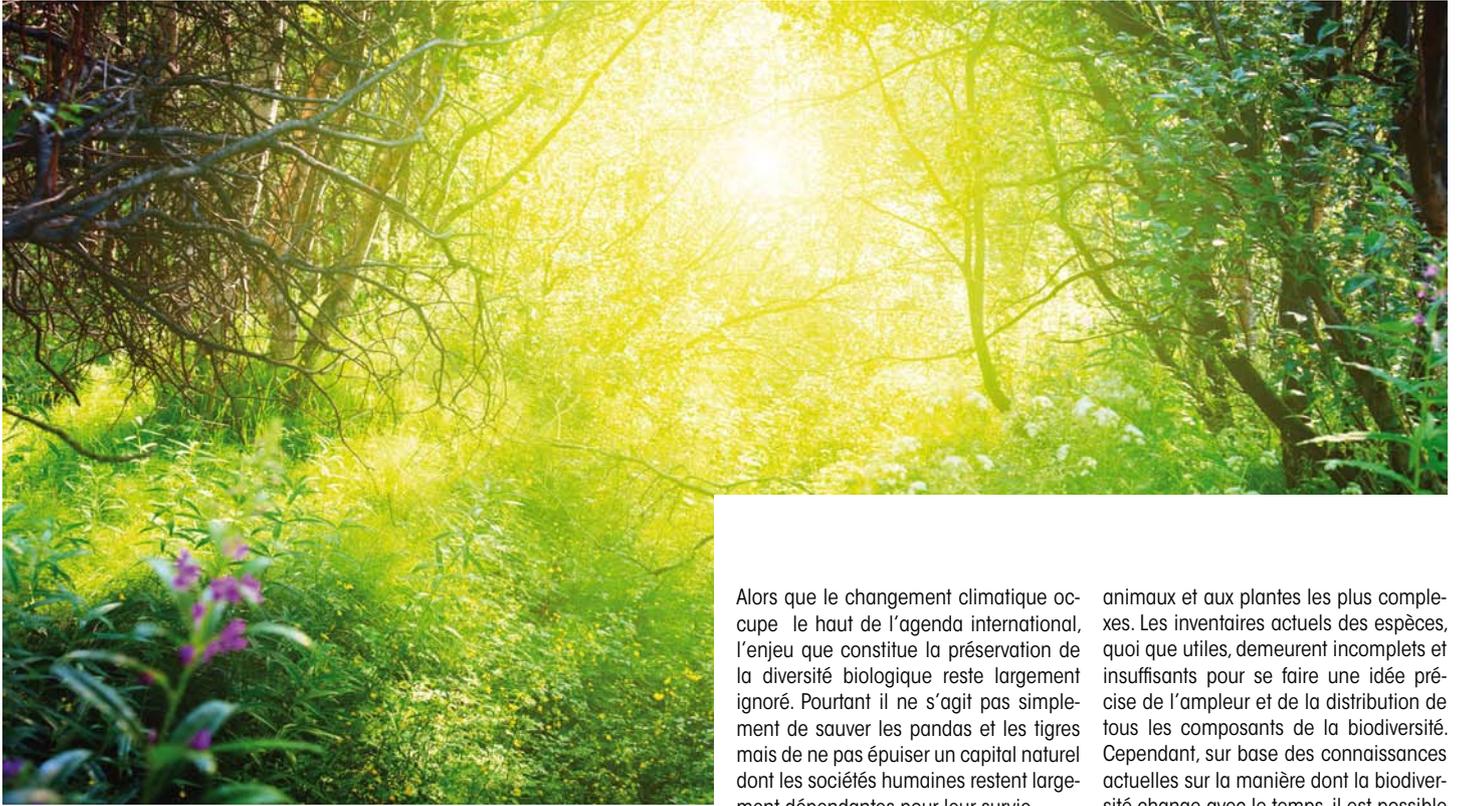
Un mammifère sur quatre, un oiseau sur huit, un tiers des amphibiens sont aujourd'hui menacés, selon l'Union mondiale pour la conservation de la nature (UICN)



2010 Année Internationale de la Diversité Biologique

17.291

espèces animales et végétales risquent actuellement l'extinction



UINC : LISTE ROUGE 2009

La Liste rouge 2009 a établi qu'une espèce d'amphibien sur trois, plus d'un oiseau sur huit, plus d'un mammifère sur cinq et plus d'une espèce de conifère sur quatre sont menacés d'extinction mondiale.

- Quelques chiffres édifiants
- Sur 47 677 espèces évaluées :
 - 36% soit 17 291 espèces ont été classées comme menacées;
 - 3 325 en danger critique d'extinction, 4 891 en danger et 9 075 vulnérables ;
 - 3 650 espèces, soit 8%, sont quasi menacées ;
 - 19 023 espèces, soit 40%, ne représentent qu'une préoccupation mineure;
 - 6 557 espèces, soit 14%, sont insuffisamment documentées pour permettre une évaluation.
 - 875 espèces, soit 2%, sont éteintes dans le monde sauvage

Etant donné que l'analyse ne porte que sur 2,7% des 1,8 millions d'espèces décrites, ces chiffres sont considérablement sous-estimés, mais ils représentent un instantané utile de ce qui arrive à l'ensemble des formes de vie sur la terre.

<http://cms.iucn.org/>



Selon la dernière « Liste rouge » des espèces menacées en Europe, 9 % des papillons sont menacés d'extinction et près d'un tiers des 435 espèces sont par ailleurs en déclin. La menace principale est la destruction de leurs habitats (liée le plus souvent à des modifications des pratiques agricoles), aux changements climatiques, aux incendies de forêt et au développement du tourisme.

Alors que le changement climatique occupe le haut de l'agenda international, l'enjeu que constitue la préservation de la diversité biologique reste largement ignoré. Pourtant il ne s'agit pas simplement de sauver les pandas et les tigres mais de ne pas épuiser un capital naturel dont les sociétés humaines restent largement dépendantes pour leur survie.

Signe que l'heure est grave, un économiste indien, Pavan Sukhdev a réalisé sur la biodiversité un travail d'évaluation comparable à celui accompli par le Britannique Nicholas Stern sur le changement climatique en 2006. Son étude révèle que l'appauvrissement biologique coûterait... 2 000 milliards de dollars par an, soit 6 % du produit national brut mondial, l'urbanisation, la standardisation des pratiques agricoles, la pollution, la prolifération d'espèces envahissantes introduites par les échanges commerciaux, le changement climatique étant les principales causes du phénomène.

Cette valorisation de la biodiversité permettra-t-elle aux gouvernements de passer de l'incantation à l'action ?

Qu'est-ce que la « biodiversité » ?

Etymologiquement, le mot « bio » provient du grec ancien « bios » qui veut dire « la vie en soi, l'existence ». La biodiversité, ou diversité biologique, représente donc la diversité de vie et des vies avec les interconnexions qui se tissent au sein de l'ensemble du vivant. Le concept englobe la diversité au sein des espèces, entre les espèces, entre les écosystèmes⁽¹⁾ et couvre également la façon dont elle change d'un endroit à un autre et au fil du temps.

La biodiversité est partout, aussi bien sur terre que dans l'air ou dans l'eau et comprend tous les organismes, depuis les bactéries microscopiques jusqu'aux

animaux et aux plantes les plus complexes. Les inventaires actuels des espèces, quoi que utiles, demeurent incomplets et insuffisants pour se faire une idée précise de l'ampleur et de la distribution de tous les composants de la biodiversité. Cependant, sur base des connaissances actuelles sur la manière dont la biodiversité change avec le temps, il est possible d'avancer des estimations approximatives du rythme d'extinction des espèces.

Et l'homme dans tout ça ?

Il est au cœur de la biodiversité et ne cesse d'interagir avec elle. S'il est besoin de trouver une cause utilitaire à la protection de la biodiversité, il suffit de mentionner que l'homme y puise ses ressources alimentaires, mais aussi les matières premières nécessaires à sa vie. Les écosystèmes exploités fournissent des produits que nous utilisons directement et, par leur simple fonctionnement, nous rendent des services écologiques : maintien de la qualité de l'atmosphère, régulation du climat, contrôle de la qualité de l'eau, formation et maintien de la fertilité des sols, etc. De plus, la diversité est une assurance de prospérité. Un exemple : dans un écosystème de prairies, plus la biodiversité est forte, meilleure est la productivité de sa biomasse.

Enfin, la biodiversité possède également des valeurs encore plus difficiles à quantifier : patrimoniales, affectives ou esthétiques. Personne n'imagine l'Afrique sans ses éléphants, l'Inde sans ses tigres sauvages ou l'Alsace sans ses cigognes !

En dehors de leur rôle dans le fonctionnement de l'écosystème auxquels ces animaux appartiennent, nous sommes profondément attachés à leur présence.

Si l'on parle tant de la biodiversité, c'est qu'elle s'appauvrit à un rythme effréné – selon les estimations, 25 000 à 50 000 espèces disparaîtraient chaque année



– au point que l'on considère qu'elle subit une sixième crise d'extinction. Mais contrairement aux crises précédentes, celle-ci est due en grande partie à l'action directe et indirecte de l'homme, une crise qui ne date pas d'aujourd'hui. Elle aurait commencé il y a 50 000 ans avec l'expansion de l'Homo sapiens sapiens. Ce qui est nouveau, c'est son accélération au cours du temps.

Une liste rouge

L'Union internationale pour la conservation de la nature a déjà recensé 875 disparitions d'espèces sauvages depuis cinq cents ans. Sans compter celles dont nous ignorons encore l'existence, tant notre connaissance du monde animal demeure fragmentaire, tant sont nombreuses les disparitions silencieuses d'oiseaux, de petits mammifères, d'insectes, de végétaux et de micro-organismes, morts en même temps que la destruction de leur environnement.

La diversité du vivant, sans cesse réévaluée, compte 1,75 million d'espèces répertoriées (dont 1,3 million d'animaux -dont 950 000 insectes-, 288 000 plantes et 72 000 invertébrés) et entre 3,6 et 15 millions d'espèces encore à découvrir.

Tous les quatre ans, l'UICN établit une « liste rouge » des espèces menacées et qui dresse le bilan des effets de l'action humaine sur son habitat en évaluant la situation de la faune et de la flore sauvage au niveau mondial. Cette liste repose sur une série de critères basés sur différents facteurs biologiques associés au risque d'extinction comme le taux de déclin, la population totale, la zone d'occurrence,

la zone d'occupation, le degré de peuplement et la fragmentation de la répartition géographique. Elle ne constitue pas un simple inventaire de la biodiversité planétaire mais bien d'avantage une source d'information sur les menaces pesant sur les espèces, leurs exigences écologiques, leurs habitats et les actions pouvant être menées pour réduire ou empêcher leur extinction.

Le bilan de l'édition 2009 est donc loin d'être positif, la tendance actuelle étant même à une augmentation du nombre d'espèces menacées : quelque 17 291 espèces animales et végétales risquent actuellement l'extinction !

Un nouvel objectif

Depuis 2002, les chefs d'Etat ou de gouvernement ont adopté, au moins à quinze reprises, l'objectif de « réduire fortement le rythme actuel de perte de la biodiversité d'ici à 2010 ». Ils ont aussi réaffirmé une cinquantaine de fois leur soutien à cet objectif et la nécessité de prendre des mesures pour l'atteindre. Et, alors que se célèbre en 2010 « l'Année internationale de la biodiversité », les responsables de la Convention sur la diversité biologique (CBD) des Nations unies, chargés de faire le bilan après huit années, n'ont pas sorti les flonflons : AUCUN pays n'est au rendez-vous !

À Göteborg en 2001, les Etats de l'Union européenne avaient fait connaître leur stratégie pour «refrêner, par des actions prioritaires, la diminution de la biodiversité d'ici 2010». Il faut honnêtement constater que (très) peu d'actions ont été menées dans ce sens.



LA CONVENTION SUR LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Adoptée par les gouvernements de 187 pays à Rio de Janeiro (1992), cette convention définit la biodiversité comme «la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes».

Elle s'est fixé trois objectifs: la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments constitutifs, le partage juste et équitable des avantages qui découlent de l'utilisation des ressources génétiques à des fins commerciales et autres. A l'horizon 2010, une réduction significative du taux de perte de biodiversité devait être obtenue, contribuant ainsi à «l'atténuation de la pauvreté et pour le bénéfice de toute la vie sur terre».

Aujourd'hui, sur base d'outils permettant de dresser un véritable état des lieux, gouvernements et scientifiques, semblent bien décidés à se fixer un nouveau rendez-vous en 2020 pour freiner le rythme d'extinction des espèces et la destruction des écosystèmes.

Récemment l'Union Européenne s'est fixé un nouvel objectif pour « enrayer la perte de biodiversité au sein de l'UE d'ici 2020 », repoussant ainsi de six ans l'échéance qu'elle s'était fixée en 2002. Par la voix de leurs ministres de l'environnement, les Européens soulignent une nouvelle fois la nécessité de mettre pleinement en œuvre les directives de protection des écosystèmes comme Natura 2000, mais aussi d'intégrer la sauvegarde de la biodiversité dans les autres politiques sectorielles (agriculture, transports, etc.). La perte de biodiversité a des conséquences économiques et sociales très graves, estiment les ministres, 2,6 % de la population active occupant des emplois liés aux ressources naturelles au sein de l'UE et jusqu'à 16,6 % des emplois y étant indirectement liés.

Si l'année 2020 est si souvent évoquée, il en sera cependant encore débattu lors de l'Assemblée générale des Nations Unies, à New York en septembre, puis à la conférence des parties de la Convention sur la diversité biologique, en octobre à Nagoya (Japon) !

(1) système où des organismes vivants interagissent avec leur environnement physique qui peut se limiter à un espace très réduit ou s'étendre à toute la terre

Paul Devuyt



La Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*). Ce bel échassier était jadis la parure estivale de toutes les hautes toitures alsaciennes. L'oiseau n'était plus représenté dans cette région française que par une dizaine de couples vers 1975 mais grâce aux ornithologues qui se sont mobilisés pour les sédentariser, plusieurs dizaines de couples nichent de nouveau dans la région.



- Union internationale pour la conservation de la nature : www.iucn.org
- Convention sur la diversité biologique : www.cbd.int
- Muséum des sciences naturelles de Belgique : www.sciencesnaturelles.be
- Le registre des espèces de Belgique : www.species.be



Certains organismes vivants possèdent la capacité étonnante d'émettre de la lumière; ce phénomène, appelé bioluminescence, se rencontre principalement en milieu marin.

« LA BIODIVERSITÉ, UNE SOURCE NATURELLE POUR L'HOMME GRANDEMENT MENACÉ »

Nicolas Schtickzelle



Un centre de recherche à l'UCL

En cette année 2010, année de la Biodiversité, il est encore plus important que jamais de s'y intéresser, pour elle-même mais aussi comme une ressource naturelle pour l'homme, vaste, prometteuse mais cependant très peu connue, et surtout grandement menacée. C'est dans ce contexte que Nicolas Schtickzelle, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS et Hans Van Dyck ont, depuis fin 2008, modernisé le Centre de Recherche sur la Biodiversité (BDIV) au regard des évolutions de l'Université Catholique de Louvain (UCL) et de la société.

Une structure fédératrice regroupant des chercheurs autour d'intérêts scientifiques communs

Fondé il y a une dizaine d'années, la vocation du BDIV était de permettre à des chercheurs de disciplines différentes mais travaillant néanmoins autour d'un thème commun -la biodiversité- de se rassembler et de collaborer par delà les frontières facultaires. Le BDIV se focalise sur des recherches conceptuelles aussi bien qu'appliquées ou finalisées, comme par exemple la conservation de la biodiversité, la lutte biologique, l'écologie terrestre et marine, et l'évolution. Multidisciplinaire, reconnu au niveau international et en expansion croissante, le BDIV compte aujourd'hui une centaine de personnes et rassemble neuf équipes. Deux de ces équipes sont dirigées par des Chercheurs qualifiés du F.R.S.-FNRS : l'équipe « Quantitative Conservation Biology » par Nicolas Schtickzelle et le « Laboratoire de Biologie Marine » par Jérôme Mallefet.

Fournir un support scientifique à la conservation de la biodiversité

Quand on réalise que la biodiversité disparaît bien plus vite qu'on ne peut l'étudier, on prend conscience que pour beaucoup d'espèces à protéger, l'information disponible est, et sera très probablement toujours, très faible, indique Nicolas Schtickzelle. En pratique, conserver la biodiversité implique donc très souvent de faire appel aux connaissances accumulées sur des situations qui présentent quelque similarité avec le cas à traiter. D'où l'intérêt d'étudier en détails des situations modèles, pour en retirer des principes susceptibles d'être généralisés : « Nos recherches consistent à créer un support scientifique pour aider les décideurs à prendre les bonnes décisions pour conserver la biodiversité ».

Les recherches développées par l'équipe de Nicolas Schtickzelle visent à étudier, de manière quantitative et sur des systèmes modèles, l'effet de perturbations majeures sur la viabilité des espèces.

« Nous modélisons le fonctionnement de populations animales choisies comme modèles, poursuit-il, et analysons les liens de cause à effet entre les conditions de l'environnement et la performance de ces populations. Ensuite, nous établissons sur ordinateur des modèles mathématiques pour tenter de prédire quel sera l'effet à long terme de scénarios plausibles comme l'aggravation des pressions sur l'espèce ou au contraire de mesures de conservation et de protection ».

Des papillons et des hommes

Depuis sa thèse de doctorat, Nicolas Schtickzelle a beaucoup utilisé les papillons, qui constituent de bons modèles pour étudier in situ la réaction des espèces aux perturbations de leur environnement. Leurs populations sont en effet bien délimitées, faciles à étudier, et grâce à leur cycle de vie très court, ils réagissent rapidement aux perturbations. Spécifiquement, l'étude sur presque 20 ans du *Nacré de la Bistorte*, une espèce protégée et en forte régression habitant les prairies humides et les tourbières

ardennaises, a apporté une contribution importante à la compréhension de l'influence de la fragmentation de l'habitat sur une espèce. Ces études ont permis des avancées notamment sur, la compréhension de la dynamique des métapopulations, l'importance de la dispersion, la définition de l'habitat et de sa qualité, et le pronostic de persistance de l'espèce sous différents scénarios de gestion.

Retour au Laboratoire

L'étude de populations réelles dans la nature est néanmoins limitée par de nombreuses contraintes pratiques, et permet difficilement une expérimentation rigoureuse étant donné la multitude de phénomènes incontrôlables. « J'ai été nommé Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS à l'UCL il y a deux ans, poursuit Nicolas Schtickzelle, et depuis j'ai développé un nouvel axe de recherche mais en laboratoire cette fois, sur le *Tetrahymena thermophila*, un protozoaire cilié utilisé depuis longtemps comme organisme modèle en biologie cellulaire ». Sur de tels microcosmes -de petits mondes artificiels peuplés de microorganismes, il devient possible de

faire de l'écologie réellement expérimentale : manipuler, contrôler et répliquer permet de tester des aspects particuliers affectant les liens que les populations entretiennent avec leur environnement.

« Should I stay or should I go : se déplacer pour mieux survivre »

Il y a cinq ans, Nicolas Schtickzelle a commencé à étudier, avec des collègues français du CNRS, le *Tetrahymena thermophila*, un micro-organisme unicellulaire que l'on maintient en populations artificielles dans des tubes de laboratoire. Ils ont sélectionné cette espèce parce qu'elle a la particularité de créer une forme spéciale de dispersion possédant un flagelle lorsque la nourriture vient à disparaître. C'est loin d'être une espèce inconnue, elle est étudiée depuis plus de cinquante ans mais essentiellement par des généticiens, des biologistes cellulaires ou moléculaires, très peu par des scientifiques spécialisés en écologie.

En ayant caractérisé différents clones, des résultats très intéressants sont apparus. « C'est incroyable de constater comment deux clones différents d'une même espèce simple réagissent différemment à une même réalité » constate Nicolas Schtickzelle. Les chercheurs ont par exemple remarqué que si on supprimait la nourriture, certains individus décidaient de ne plus bouger afin d'économiser leurs forces en attendant que la nourriture revienne, au maximum une dizaine de jours. Par contre, d'autres individus investissaient leurs dernières forces en créant un flagelle qui leur permet de se déplacer beaucoup plus vite pour rechercher activement une nouvelle source de nourriture, au risque de mourir d'épuisement en moins de 24 heures s'ils ne trouvent rien.

Ces dernières années, les biologistes ont découvert de plus en plus fréquemment l'existence de personnalités chez les animaux. « Et nous le confirmons avec une espèce aussi simple qu'un micro-organisme, ce qui ouvre la voie à des recherches expérimentales sur les caractéristiques des individus (et par généralisation des espèces) qui les rendent plus sensibles aux perturbations de leur environnement » conclut Nicolas Schtickzelle.

La bioluminescence, une étonnante diversité

Certains organismes vivants possèdent la capacité étonnante d'émettre de la lumière; ce phénomène, appelé bioluminescence, se rencontre principalement en milieu marin. La répartition phylétique de la bioluminescence marine est très étendue: on observe des représentants lumineux depuis les bactéries jusqu'aux poissons. L'émission de lumière semble capitale tant pour pratiquer que pour éviter la prédation; elle intervient également pour la communication intra-spécifique.

La lumière vivante : qui, comment, pourquoi ?

Bien que la bioluminescence atteigne un degré d'expression extraordinaire chez les poissons marins (seuls vertébrés lumineux), peu d'informations sur les mécanismes de contrôle de la photogénèse étaient disponibles. C'est donc dans ce domaine que Jérôme Mallefet a effectué ses premiers pas en recherche dans le laboratoire de physiologie animale de l'UCL. Fasciné et passionné par cette lumière vivante, Jérôme Mallefet a initié, en 1990, un programme original de recherche : l'étude des échinodermes lumineux dans le but de comprendre comment et pourquoi les ophiures émettent de la lumière.

L'Ophiure, un point de départ

Face à la diversité du phénomène, une approche pluridisciplinaire de la bioluminescence au sein du laboratoire de biologie marine s'imposait. Cette étude, initialement basée sur une petite ophiure cosmopolite *Amphipholis squamata*, a été réalisée en collaboration avec des laboratoires belges et étrangers. Les travaux ont permis de décrire les bases morphologiques, physiologiques et écologiques du phénomène lumineux chez cette espèce. L'étude comparative du phénomène lumineux chez d'autres espèces d'ophiures a ensuite été entreprise et les différentes approches réalisées ont permis de mettre au point des modèles originaux de recherche tant au niveau cellulaire qu'au niveau comportemental. Durant ces dernières années plusieurs séjours de recherche au « Museum Victoria » (Australie) dans le laboratoire du Dr. T. O'Hara ont permis au Dr Mallefet de tester les capacités lumineuses de plus de 140 espèces d'ophiures. On dénombre 65 espèces d'ophiures lumineuses à ce jour alors qu'il n'y avait que 34 espèces répertoriées au début de ses recherches. De plus, au moins une nouvelle espèce de crinoïde et d'holothurie lumineuses ont été également découvertes. Nul doute qu'il existe beaucoup plus d'échinodermes lumineux que ce que l'on imaginait et les recherches actuelles tentent de compléter nos connaissances dans ce phylum.

Requins des profondeurs...

Un nouvel axe de recherche vient d'être initié, l'étude de la luminescence des requins. Les résultats du tout récent doctorat de Julien Claes fournissent les premières preuves expérimentales concernant le contrôle, les supports morphologiques et les fonctions de la luminescence chez



Jérôme Mallefet

« LA BIODIVERSITÉ DISPARAÎT BIEN PLUS VITE QU'ON NE PEUT L'ÉtudIER. »

une espèce modèle de requin de profondeur, *Etmopterus spinax*. Les résultats et publications qui en découlent sont extrêmement prometteurs et si l'étude de cette espèce se développe, il est évident que de nouvelles découvertes nous attendent vu que l'on estime qu'il existe plus de 50 espèces de requins lumineux dont on ne connaît que très peu de choses...

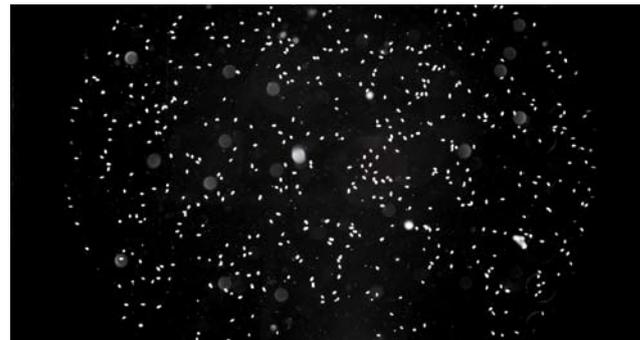
Dans la nature, camouflage, attraction, répulsion et communication sont autant de fonctions que l'on peut attribuer à la bioluminescence. Jérôme Mallefet et son équipe tente de faire la lumière sur ce phénomène encore trop peu connu.

Paul Devuyt

Mâle du papillon Nacré de la Bistorte *Proclissiana eunomia* sur une inflorescence de Bistorte, sa plante hôte. Ce papillon a été numéroté pour les besoins de l'étude scientifique.



Photo au microscope optique d'une population de *Tetrahymena thermophila*. Chaque petite tache blanche est un organisme individuel, unicellulaire. Sur base de ces photos, nous déterminons notamment le nombre, la taille et la forme des cellules, des renseignements qui permettent d'étudier de nombreux facteurs écologiques dans ces populations artificielles maintenues au laboratoire.



Nicolas Schtickzelle,
Biodiversity Research Centre, UCL
nicolas.schtickzelle@uclouvain.be

Jérôme Mallefet,
Laboratoire de Biologie Marine, UCL
Jerome.Mallefet@uclouvain.be



www.uclouvain.be/bdiv
« Quantitative Conservation Biology » www.uclouvain.be/quant-cons-biol

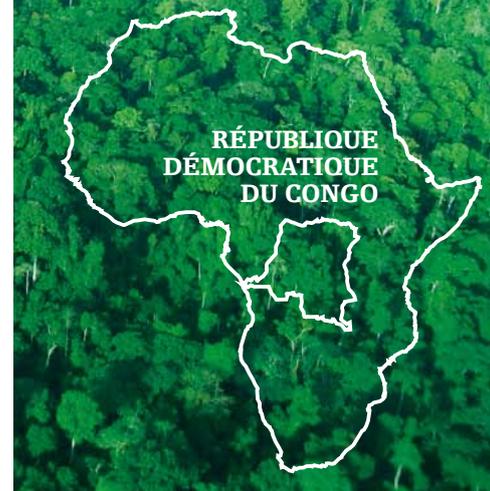


6%

de la surface
forestière mondiale
se trouve dans le
bassin du Congo

Quand la génétique plonge au cœur du bassin du Congo

Moins étudiée que ses équivalentes sud américaines ou asiatiques, la forêt tropicale d'Afrique centrale regorge de ressources primordiales pour l'homme et est un acteur important de la régulation du climat. Olivier Hardy, chercheur à l'ULB, utilise les outils de la génétique pour comprendre la dynamique de la biodiversité végétale des forêts pluviales de ces régions. Ses données représentent une source d'information précieuse pour la conservation des espèces et la gestion des ressources centre-africaines.



Deuxième plus grand massif de forêts tropicales du monde après l'Amazonie, le bassin du Congo représente environ 6% de la surface forestière mondiale. Ces quelque 230 millions d'hectares de forêts répartis majoritairement sur le Cameroun, le Gabon, la Guinée équatoriale, le Congo Brazzaville et la République Démocratique du Congo abritent une diversité biologique inestimable et constituent une importante ressource tant à l'échelle locale qu'à l'échelle internationale. Outre les matériaux de construction, le bois de feu, les ressources alimentaires, médicinales ou encore génétiques qu'elle fournit, la forêt tropicale joue un rôle

primordial dans la régulation du climat et des cycles biogéochimiques de notre planète.

Pour pouvoir bénéficier durablement des nombreux services rendus par les forêts tropicales tout en les préservant, il est indispensable de mieux les connaître. Or, « les forêts tropicales de l'Afrique centrale sont bien moins étudiées que celles d'Amérique du sud ou d'Asie », explique Olivier Hardy, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS au sein de l'unité de recherche « Evolution Biologique et Ecologie » de l'Université Libre de Bruxelles (ULB). Fasciné par les milieux tropicaux et conscient de ce vide à combler, c'est tout naturellement qu'Olivier Hardy, ingénieur agronome de formation, a dirigé ses travaux vers ces régions. De plus, la Belgique et l'ULB ont une tradition de recherche en botanique en Afrique centrale: « l'herbarium du Jardin Botanique National de Belgique, situé à Meise, rassemble une des plus grosses collections de la biodiversité végétale de ces régions et l'ULB possède son propre herbarium avec des collections uniques provenant d'Afrique centrale », poursuit le chercheur.

Exploration génétique des forêts pluviales

Depuis son intégration au sein du service « Evolution Biologique et Ecologie » de l'ULB fin 2004, Olivier Hardy a principalement œuvré à développer un programme de recherche sur la dynamique de la biodiversité des forêts denses d'Afrique centrale aux niveaux intraspécifique (au sein d'une même espèce) et interspécifique (entre différentes espèces). « On peut concevoir la biodiversité à différents niveaux. Elle peut se mesurer en nombre d'espèces présentes dans une région mais il y a également de la biodiversité, de la diversité génétique, au sein des espèces. Mais très peu d'études botaniques réalisées jusqu'ici en Afrique centrale ont utilisé les outils de la génétique », indique-t-il.

L'objectif des recherches d'Olivier Hardy est de comprendre les mécanismes clés qui sont à l'origine de l'organisation de la biodiversité des forêts pluviales d'Afrique centrale de l'échelle locale à l'échelle continentale. « Etudier la biodiversité végétale à l'échelle locale permet d'affiner les connaissances sur les mécanismes

actuels, tels que la dispersion des graines ou du pollen, qui régissent la diversité des espèces. D'autre part, en étudiant la biodiversité végétale à une échelle plus large, on a sous les yeux le résultat de ce qui s'est passé au cours des millions d'années passées et qui a conduit à la diversité ainsi qu'à la répartition des espèces observées aujourd'hui », précise le scientifique.

Pour tenter de démêler les processus actuels et passés impliqués dans la dynamique de la biodiversité végétale en Afrique centrale, Olivier Hardy a d'abord travaillé essentiellement en génétique des populations. « La génétique des populations s'intéresse à la diversité génétique qu'il peut y avoir au sein d'une espèce. C'est l'étude de mécanismes qui conduisent à l'évolution des espèces », explique Olivier Hardy. Ce dernier s'est ensuite penché sur l'écologie des communautés qui s'intéresse également à la biodiversité mais à un niveau d'organisation supérieur. En effet, cette branche de l'écologie consiste à observer et comprendre les interactions entre les populations des différentes espèces

« LA FORÊT TROPICALE JOUE UN RÔLE PRIMORDIAL DANS LA RÉGULATION DU CLIMAT ET DES CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES DE NOTRE PLANÈTE »



UN OUTIL DE GÉNÉALOGIE UNIVERSEL !

Fort de son expérience en génétique des populations, Olivier Hardy s'est lancé dans la création de logiciels informatiques permettant de faciliter l'analyse de données dans ce domaine. Parmi ces programmes informatiques on compte « SPAGeDi ». Loin d'être en rapport avec les longues pâtes fines, le nom de ce logiciel est l'acronyme de « Spatial Pattern Analysis of Genetic Diversity ». « SPAGeDi a pour but de traiter les données de manière à évaluer le degré de parenté entre des individus ou des populations en fonction de la distance géographique qui les sépare », explique Olivier Hardy.

Pouvant être utilisé tant pour les plantes que pour les animaux ou les hommes, ce logiciel a déjà été cité et utilisé dans plus de 500 études scientifiques. Selon son créateur, un des intérêts principaux de SPAGeDi est d'étudier les distances de dispersion des organismes. Cet outil d'analyse de la génétique des populations a récemment été amélioré, une nouvelle version est en effet accessible à tous depuis juillet 2009. <http://ebe.ulb.ac.be/ebe/Software.html>



« TRÈS PEU D'ÉTUDES BOTANIKES RÉALISÉES JUSQU'ICI EN AFRIQUE CENTRALE ONT UTILISÉ LES OUTILS DE LA GÉNÉTIQUE. »

qui composent une communauté. « Mes recherches sont surtout fondées sur la génétique des populations mais je me suis inspiré des méthodes utilisées dans cette branche pour étudier l'écologie des communautés de façon analogue », poursuit-il. Ajoutez à cela un zeste de phylogéographie, soit l'étude des liens génétiques entre différentes populations d'une même espèce ou d'un complexe d'espèce, et vous obtenez alors l'approche globale qu'Olivier Hardy s'efforce d'avoir dans ses travaux sur la biodiversité des végétaux qui peuplent les forêts tropicales d'Afrique centrale.

Protéger la diversité, exploiter durablement

Au-delà de la simple quête du savoir, de telles recherches présentent un grand intérêt pour les forêts d'Afrique centrale et donc pour les hommes qui en dépendent directement ou indirectement. « La biodiversité a une valeur intrinsèque puisqu'elle représente un patrimoine naturel et constitue une source de produits potentiels. Tant qu'on ne connaît pas les mécanismes qui régissent cette biodiversité, on est moins en mesure de l'utiliser durablement et de la protéger », reprend Olivier Hardy.

Les recherches de cet ingénieur agronome l'ont notamment amené à collaborer avec une équipe de chercheurs de Gembloux Agro-Bio Tech (ancienne Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux) spécialisés dans la foresterie. « Pour assurer une bonne gestion forestière en Afrique centrale, il est important d'évaluer la diversité génétique des espèces exploitées et de déterminer si leur exploitation risque de réduire cette diversité », continue-t-il.

Les données qu'Olivier Hardy et son équipe ont récoltées jusqu'ici, notamment au Gabon et au Cameroun, représentent dès lors une précieuse source d'information pour la gestion des ressources naturelles de ces pays. « À partir de ces données,



on peut réaliser des cartes sur lesquelles apparaissent les zones où il y a plus ou moins de diversité. Ces critères peuvent intervenir dans la décision des gouvernements pour définir les zones d'exploitation et les zones de conservation pour protéger certains habitats », précise Olivier Hardy.

Autre défi à relever : endiguer l'exploitation des espèces protégées. « Il est parfois très difficile de savoir si les produits sont issus de marchés légaux ou non. Une recherche qui fait actuellement l'objet d'un mémoire de fin d'étude examine la possibilité d'utiliser des codes barres génétiques (ou « codes barres ADN », voir lien ⁽¹⁾) pour contrôler l'exploitation des arbres protégés d'Afrique centrale », poursuit le scientifique.

Deux blocs forestiers fusionnés ?

Du côté des investigations concernant l'impact des changements globaux passés, tels que des fluctuations climatiques ou des pressions anthropiques, sur la distribution de la végétation centre-afri-



Arbre géant de la forêt gabonaise, Mont Doudou

caine, une première tendance semble se dégager. En effet, les données génétiques récoltées sur une dizaine d'espèces d'arbres de la forêt pluviale suggèrent que le bloc forestier continu observé aujourd'hui devait être, il y a des milliers d'années, séparé en deux blocs forestiers, l'un au nord de l'équateur et l'autre au sud. « On constate ce phénomène dans différents jeux de données mais on ne peut pas encore généraliser », précise Olivier Hardy. « Il est nécessaire d'acquiescer plus de données, sur ces espèces et sur d'autres, pour pouvoir distinguer les fluctuations propres à une seule espèce de ce qui est généralisable à l'ensemble de la végétation ».

Si des données complémentaires viennent confirmer ce résultat, l'étape suivante sera de dater l'isolement nord-sud des

forêts de ces régions et de tenter de le relier aux changements climatiques passés. Reconstruire la végétation passée de l'Afrique centrale grâce aux données palynologiques, paléoclimatiques et génétiques permettra en effet de comprendre comment les écosystèmes ont répondu aux changements climatiques passés et donc de mieux prédire les conséquences du réchauffement climatique actuel sur la biodiversité des forêts pluviales du continent africain

Audrey Binet

Références

- Parmentier I, Dauby G, Debout G, Duminiel J, Ewede E, Heuertz M, Koffi G, Lachenaud O, Hardy O. Phytogeography and spatial organization of diversity in tropical Africa: uncertainties, progress and perspectives. Symposium African Botany in Brussels, march 2009.
- Hardy OJ, Vekemans X (2002) SPAGeDi: a versatile computer program to analyse spatial genetic structure at the individual or population levels. *Molecular Ecology Notes* 2: 618-620.



Olivier Hardy,
Unité Recherche Évolution
Biologique et Écologique, ULB
ohardy@ulb.ac.be



En savoir plus :

<http://ebe.ulb.ac.be/ebe/Hardy.html>

www.ulb.ac.be/rech/chercheurs/chercheur_24726.html

www.wwf.be/fr/?inc=page&pageid=143

www.fao.org/docrep/006/y4853f/y4853f00.htm

www.observatoire-comifac.net/index.php

⁽¹⁾ www.barcoding.si.edu/

Le milieu marin tire la sonnette d'alarme

Si je vous dis « biodiversité marine », à quoi pensez-vous ? A la mer ? Aux océans ? Aux poissons exotiques ? Logique ! J'aurais répondu la même chose avant de rencontrer Fabienne Nyssen, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS à l'ULg. Pour cette dernière, si vous vous intéressez à la biodiversité marine mieux vaut jeter un œil du côté des pôles. L'Antarctique est une région riche d'enseignements.



ZOOM SUR LES RECHERCHES DE FABIENNE NYSSSEN

Le dada de cette chercheuse : les crustacés et plus particulièrement les pécarides charognards qui peuplent les eaux de l'Antarctique. « Ces populations marines sont particulièrement importantes parce qu'elles remettent dans le circuit une matière organique qui sans eux serait perdue. Mes travaux consistent à déterminer avec le plus de précisions possibles quelles sont leurs sources principales de nourriture. » Pour y parvenir, Fabienne Nyssen utilise des traceurs trophiques comme les rap-

ports isotopiques^(5,6) et la composition en acides gras des crustacés. Mais ce n'est pas tout, elle étudie également leurs besoins énergétiques en mesurant leur métabolisme sur base de leur respiration. « Mon objectif est de savoir comment ces organismes pourraient survivre à une modification de leur apport de nourriture d'origine naturelle ou anthropique. A terme, j'aimerais intégrer ces résultats dans un modèle qui permettrait d'estimer leur importance dans le bilan énergétique global »

Dès le début de notre entretien, Fabienne Nyssen, attachée au laboratoire de systématique et diversité animale de l'ULg plante le décor : « L'Antarctique est un des écosystèmes les plus intacts qui soit. La biodiversité du plateau continental antarctique est très grande. Sa faune est principalement constituée d'espèces endémiques, elles sont donc adaptées à des conditions environnementales très précises, certaines ont un métabolisme très lent et leur champ d'adaptation est plutôt limité. Perdre des espèces antarctiques est une perte pour la biodiversité globale. » L'Antarctique apparaît de ce fait comme la région la plus importante où il faut prioritairement mesurer les impacts des changements climatiques. C'est une sorte de laboratoire à grande échelle pour étudier les conséquences des changements climatiques. « Il est maintenant clairement accepté par les scientifiques qu'à certains endroits, les calottes polaires fondent. En Arctique et dans la Péninsule antarctique, le nombre de glaciers en retrait et les vitesses de retrait sont en constante augmentation. A l'image de l'effondrement spectaculaire du Larsen B en 2002. L'impact probable de ce processus sur la biodiversité est sans conteste. Mais, à l'heure actuelle, beaucoup est encore à l'état d'hypothèses ».

Phénomène certain cependant: l'eau issue de la fonte des glaces qui rejoint progressivement la mer provoque un adoucissement ainsi qu'une stratification des masses d'eau et une sédimentation accrue de la matière en suspension. « Ces processus influencent négativement la biodiversité sous-jacente en bouchant et en enterrant les espèces sessiles qui se nourrissent de matières particulières en suspension. En outre, les changements de propriétés des masses d'eau et de la dynamique des courants liés à la stratification influencent les communautés animales plus profondes en apportant moins d'oxygène, par exemple. »

Des fonds marins de moins en moins raclés

La diminution du raclage des fonds marins, autre conséquence de la fonte des glaces, est également pointée du doigt. Fabienne Nyssen explique :

« AVEC LE RETRAIT DES GLACIERS, LE PHÉNOMÈNE D'ICE SCOURING DIMINUERA ET EN PARALLÈLE CE REMANIEMENT DE LA BIODIVERSITÉ. »



L'herbier de Posidonie:
plante à fleurs endémique
des fonds de la Méditerranée



LA FONTE DES GLACES SURVEILLÉE PAR SATELLITE

Les expéditions en Antarctique ne sont désormais plus la seule manière de suivre l'évolution de la fonte des glaces. Depuis avril dernier, le satellite Cryosat a rejoint les hautes sphères pour surveiller les régions glacées de la planète. Ce satellite de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) a pour mission de détecter les variations d'épaisseur des glaces de mer présentes dans les océans polaires ainsi que l'évolution des calottes qui recouvrent le Groenland et l'Antarctique. Cryosat permet de suivre l'évolution de l'épaisseur de la glace avec une précision de l'ordre du centimètre ! Placé sur une orbite polaire à une altitude de 720 km pour une durée de trois ans, le satellite effectue un tour complet de la Terre toutes les 100 minutes.



En mars 2002, le Larsen B, une zone de 3 250 km² contenant quelque 720 milliards de tonnes de glace a pris le large en Antarctique. Soit un bloc de glace d'une surface équivalente à celle du Luxembourg.

« En Antarctique, les fonds marins sont continuellement raclés par les icebergs qui se déplacent (phénomène appelé « ice scouring »). Lorsque ces énormes blocs de glace sont libérés, ils perturbent l'habitat des espèces cantonnées aux zones qu'ils sillonnent. Si ce processus provoque dans un premier temps une diminution de la biodiversité locale par une destruction massive des espèces en place, les icebergs laissent derrière eux des habitats d'un nouveau genre, très hétérogènes et prêts à accueillir de nouvelles espèces pionnières ». C'est donc une augmentation de la biodiversité qui fait suite à une baisse temporaire. Ainsi, avec le retrait des glaciers, le phénomène d'ice scouring diminuera et en parallèle ce remaniement de la biodiversité.

Persuadés de l'importance de ce processus, la chercheuse et ses collègues belges et allemands se sont rendus en Antarctique à bord du brise-glace allemand Polarstern en 2003 pour des expériences grandeur nature (ANT XXI/2)⁽¹⁾. « Après avoir étudié dans le détail la faune d'un site et les caractéristiques du raclage d'un iceberg, nous en avons induit un artificiellement à l'aide d'un chalutier. Le but de notre projet étant de se rendre régulièrement sur place pour observer les différentes phases de recolonisation de l'espace perturbé. Nous y retournerons d'ailleurs en 2011. »

Plus largement, la fonte des glaces entraînerait aussi la disparition des espèces sympagiques dont la survie est étroitement liée à la glace. A l'image des crustacés amphipodes Gammarus wilkitzkii et Onisimus glacialis qui dominent la faune sympagique arctique.

Et ailleurs ?

Les régions polaires ne sont pas les seules à craindre pour leur biodiversité, le reste du territoire marin subit le même sort. En cause : l'Homme et la pollution qu'il engendre. Heureusement, la prise de conscience est bien là et, en Méditerranée par exemple, des mesures ont été prises pour enrayer le déclin des espèces. A l'image de la décision européenne baptisée « Directive cadre eau »⁽²⁾ qui impose de revenir à un bon état écologique et chimique des masses d'eau européennes d'ici 2015. « Des actions sont en cours pour tenter de retrouver la qualité de base de cet environnement mais pour ce faire il faut d'abord évaluer la qualité de l'eau. Le Laboratoire d'océanologie de l'ULg et plus particulièrement le Dr Sylvie GOBERT, participant d'ailleurs à cette évaluation. » En pratique, il s'agit de suivre de près des organismes qui ont été choisis comme indicateurs biologiques de la qualité de l'eau. Comme par exemple : le phytoplancton ou les angiospermes.

L'exemple de l'herbier de posidonie

« A l'ULg nous travaillons sur l'herbier de posidonie^(3,4), une plante à fleurs endémique des fonds marins de la Méditerranée et qui est menacée par les aménagements des ports et des digues, les rejets d'eaux usées, certaines espèces introduites, comme la Caulerpa taxifolia ainsi que par les ancrages répétés et concentrés des bateaux de plaisance. Suivre son évolution permet d'avoir une bonne idée de la qualité de l'environnement marin où elle se trouve. » En outre, l'herbier de posidonie permet d'en savoir plus sur l'état de santé de son écosystème puisqu'il y joue un rôle très important. Ses feuilles sont des abris et/ou des lieux de reproduction pour 25 % des espèces observées en Méditerranée. Il constitue une source de nourriture pour des herbivores tels que les oursins. En outre, cette plante participe à la fixation des fonds marins et contribue au maintien de la clarté des eaux. Enfin, elle joue un rôle de protection du littoral, en limitant la force de la houle et en diminuant l'érosion des plages grâce à ses feuilles mortes qui se déposent sur les plages.

Elise Dubuisson



SCAR-MARBIN DRESSE L'ÉTAT DES LIEUX DE LA BIODIVERSITÉ MARINE

Il est essentiel de garder un œil sur la biodiversité de l'Antarctique, voilà un point sur lequel les scientifiques spécialistes de cette partie du globe sont d'accord ! Toutefois, pour mener à bien leur mission, il leur fallait un outil efficace... Son nom ? Le SCAR-MarBIN, un gigantesque réseau mondial de bases de données sur la biodiversité marine en Antarctique. On y trouve des informations sur les espèces présentes, leur distribution, leur abondance dans les mers polaires australes depuis les premières expéditions en Antarctique aux expéditions actuelles et des photos. Petit cocorico : cette initiative est belge. Il s'agit de notre contribution à l'Année polaire internationale belge. C'est l'Institut royal des sciences naturelles (Dr Bruno Danis) qui centralise l'ensemble de ces données. « Grâce à ce registre nous pourrions déterminer les zones les plus fragiles qui demandent plus d'efforts de recherche et surtout de protection. » Notez qu'un registre similaire, appelé BIOFRESH est actuellement en construction pour la biodiversité des eaux douces.



Plus d'infos :

www.scarmarbin.be

Références :

- (1) De Broyer C., Rauschert M., Nyssen F., 2005. Phylogeny, biodiversity, and functional ecology of Amphipoda. In: "The Expedition ANTARKTIS XXI/2 (BENDEX) of R/V "Polarstern" in 2003/2004", ARNTZ W.E. & BREY T. (eds). Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 503: 89-99
- (2) Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, du 23 octobre 2000, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- (3) Directive Cadre Eau. Mise en œuvre du Contrôle de surveillance, Résultats de la campagne 2006 District Corse. Boissery P., Andral B., Belin C., Bouchoucha M., Derolez V., Dugelay F., James A., Laugier T., L'Hostis D., Orsoni V., Sartoretto S., Sauzade D., Tomasino C., Stareso Pelaprat C., Agreil M., Chery A., D. Pete, Michele L., Lejeune P., Gobert S., Goffard A. Décembre 2007.
- (4) Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the Posidonia oceanic Rapid Easy Index: PREI. Sylvie Gobert, Stéphane Sartoretto, Valérie Rico-Raimondino, Bruno Andral, Aurelie Chery, Pierre Lejeune, Pierre Boissery. Marine Pollution Bulletin 58 (2009) 1727-1733
- (5) Nyssen F., T. Brey, G. Lepoint, J.M. Bouqueneau, C. De Broyer, P. Dauby. 2002. A stable isotope approach to the eastern Weddell Sea trophic web: focus on benthic amphipods. Polar Biology, 25, 280-287.
- (6) Nyssen F., T. Brey, G. Lepoint, C. De Broyer, J.M. Bouqueneau, P. Dauby. 2000. Use of stable isotope to delineate amphipod trophic status in Antarctic food webs. Polish Archives for Hydrobiology, 47, 579-584.



Fabienne Nyssen,
Département des sciences et gestion
de l'environnement, ULg
fabienne.nyssen@naturalscience.be

Tortue géante des Galápagos (Geochelone nigra). Indéniablement la plus célèbre des espèces endémiques des Galápagos, si célèbre que l'archipel a hérité de leur nom. Longtemps chassées pour leur viande, ces tortues qui peuvent peser plus de 300kg, mesurer jusqu'à 1,2 m de long et vivre plus de 100 ans, se sont trouvées au bord de l'extinction. Trois des 14 sous-espèces endémiques de l'île ont d'ailleurs définitivement disparu. Aujourd'hui, la FCD chapeaute de nombreux programmes de reproduction assistée afin de renflouer les populations.

© Julie Van Rossum

ÎLES GALÁPAGOS

COLOMBIE

ÉQUATEUR

PÉROU

Quand les enchantées déchantent

Galápagos. Ce nom suffit pour évoquer plages paradisiaques, flore luxuriante et faune exotique. Mais tout n'est pas si rose et ce même sous l'éblouissant soleil des Tropiques. Réputé pour la richesse unique de sa biodiversité, l'archipel se trouve aux prises avec son propre succès. Reportage.

Quito, capitale de l'Équateur. Un jour comme les autres à l'aéroport international de Mariscal Sucre. Un groupe de touristes poireaute devant le scanner à rayons X. Tout y passe, des bagages à main aux bagages de soute. Normal, direz-vous? Oui, sauf que dans ce terminal, ces contrôles ne sont pas mis en place pour contrecarrer une éventuelle attaque terroriste mais pour empêcher l'introduction d'organismes étrangers aux Galápagos, berceau de la théorie de l'évolution de Darwin. Ces îles, formées au sein de l'océan Pacifique sous l'effet d'éruptions volcaniques sous-marines, se trouvent à la croisée de trois courants océaniques, des conditions parfaites pour le développement de la vie sous-marine. Proches de l'équateur et restées quasi inhabitées jusqu'au début du 20^{ème} siècle, les Galápagos hébergent aussi de nombreuses formes de vie terrestre qu'on ne trouve nulle part ailleurs.

Un jeune archipel

Le plus intéressant avec les Galápagos, c'est qu'elles ont été formées il y a environ 4 millions d'années, de vrais nourrissons d'un point de vue géologique. De plus, chaque île a surgi hors de l'eau à une époque distincte. Voilà pourquoi l'archipel intéresse tant les scientifiques. Ils peuvent étudier in situ comment les organismes se sont adaptés à ces différents environnements. Mieux, ils peuvent examiner les variations de la faune et de la flore au sein d'une même île. «Un véritable laboratoire grandeur nature», résume Léon Baert, Chercheur à l'Institut Royal des Sciences Naturelles. Depuis 1982, cet arachnologue belge a effectué régulièrement des missions scientifiques aux Galápagos. Missions au cours desquelles il a assisté à l'accélération du développement touristique et constaté les ravages des organismes allochtones au sein de l'archipel. «L'invasion des Galápagos par les chèvres constitue un bon

exemple. Importées dans les îles à des fins d'élevage, elles se sont dispersées au quatre coins de l'archipel, broutant tout sur leur passage et détruisant des habitats vitaux pour les espèces locales⁽¹⁾», déplore Léon Baert.

Les Enchantées, comme on les surnomme parfois, sont loin d'être des îles vierges de toute présence humaine. Cette illusion s'effondre bien vite dès que l'on arrive à Santa Cruz, l'île la plus peuplée de l'archipel. Puerto Ayora, le chef-lieu de

« COMMENT PRÉSERVER UN MILIEU DONT ON NE CONNAÎT MÊME PAS TOUS LES CONSTITUANTS D'ORIGINES? »



LA BELGIQUE ET LA FONDATION CHARLES DARWIN

Fondée à Bruxelles sous les auspices de l'UNESCO et de l'UICN, la Fondation Charles Darwin (FCD) a été créée sous le régime d'asbl belge. Cette ONG internationale a été aussi mise en place grâce à l'impulsion de Victor Van Straelen, paléontologue anversois qui fut le premier président de la FCD de 1959 et 1964. La Belgique dispose d'un bureau de recherche permanent au sein de la Fondation. Tout chercheur belge qui le désire peut donc y travailler, pourvu qu'il trouve les financements nécessaires.

« L'ISOLEMENT ORIGINAL DES GALÁPAGOS SE VOIT MIS EN PÉRIL PAR L'OUVERTURE TOUJOURS PLUS GRANDE DE LA RÉSERVE NATURELLE SUR LE RESTE DU MONDE »

Santa Cruz, est un véritable centre urbain, avec ses taxis, ses discothèques, ses hôpitaux et ses multiples commerces. Toutes îles confondues, quelque 24 000 personnes habitent en permanence sur l'archipel. Ajoutez-y plus de 160 000 visiteurs par an et vous obtenez un cocktail explosif en termes de conservation de la biodiversité. Car les chèvres sont loin d'être les uniques membres de la longue liste des envahisseurs. Cochons, rats, ânes, geckos, grenouilles, goyaviers, arbres à quinine... Sans compter les indésirables moins visibles, comme les insectes et les bactéries (voir encadré).

Un centre de recherche dépassé

Au centre de la recherche scientifique des Galápagos, la Fondation Charles Darwin (FCD - Voir encadré). Cette ONG internationale a été créée en 1959, en même temps que le Parc National Galápagos, pour conseiller l'État équatorien sur la conservation de l'archipel et étudier ce milieu si unique. Les scientifiques de la FCD semblent pourtant bien impuissants face aux menaces qui pèsent sur les îles.

«Les recherches conduites à ce jour au sein de la FCD se sont beaucoup concentrées sur l'étude des espèces phares de l'archipel comme les tortues ou les iguanes marins», explique Frank Bungartz, lichénologue allemand (leader thème Évaluation de la biodiversité) de la FCD. «Du coup, nous manquons d'informations sur des éléments clés du biotope tels que les champignons ou les insectes. Nous ne possédons pas la vision d'ensemble nécessaire pour sélectionner des indicateurs permettant de vérifier la bonne santé de cet écosystème unique.»

Un problème auquel sont confrontées la plupart des régions de la planète. Comment préserver un milieu dont on ne connaît même pas tous les constituants d'origine? Question que la FCD n'a malheureusement pris en compte que très tard. Il y a un an, elle a entamé une réorganisation en profondeur autour de 5 thèmes de recherche: Évaluation de la biodiversité, Restauration écologique, Communautés et écosystèmes, Sciences sociales et Surveillance des écosystèmes. «Cette configuration permet de favoriser les échanges entre les scientifiques issus de différentes disciplines et projets de recherche. Le manque d'interdisciplinarité constituait un autre point faible de la FCD. Avant, chacun avait tendance à travailler de son côté», souligne Frank Bungartz.

Un avenir incertain

La nouvelle structure de la FCD met aussi en avant un élément essentiel de l'écosystème des Galapagos: l'Homme. L'introduction du thème de recherche Sciences sociales illustre la volonté de la Fondation de désormais prendre en compte le rôle des habitants des îles en matière de conservation. « Il était temps! », s'exclame Christophe Grenier,

géographe français responsable du volet Sciences sociales de la FCD. «Avant sa réorganisation, la FCD évoluait en vase clos, occultant totalement le développement humain des îles pour se concentrer exclusivement sur l'étude des écosystèmes.»

Depuis 1998, une loi spéciale pour les Galápagos a été promulguée par le Parlement équatorien, notamment en vue de restreindre le peuplement de l'archipel. Reste à réguler le tourisme qui, même s'il est limité par des prix d'accès au parc exorbitants, constitue une manne financière telle que personne n'ose imposer des restrictions. «L'isolement originel des Galapagos, celui même qui a permis le développement d'écosystèmes inédits au sein des différentes îles de l'archipel, se voit mis en péril par l'ouverture toujours plus grande de la réserve naturelle sur le reste du monde», poursuit Christophe Grenier. «La plupart des ressources des îles sont importées du continent, ce qui multiplie les risques d'introduction d'organismes allochtones, mais aussi de marées noires. Sans parler du traitement des déchets produits par les visiteurs et les habitants ou de la gestion des faibles ressources d'eau des îles.»

Désignées par l'UNESCO comme Patrimoine mondial de l'humanité en 1978, les îles Galápagos ont été ajoutées en 2007 à la liste du Patrimoine mondial en péril. Les différents acteurs de cet archipel légendaire parviendront-ils à trouver le juste équilibre entre biodiversité et développement humain? Une question, des milliers d'incertitudes.

(1) Aujourd'hui, les chèvres ont pratiquement été éradiquées de l'archipel (Voir encadré)

Julie Van Rossom

Références

- Fondation Charles Darwin www.darwinfoundation.org
- Christophe Grenier, Conservation contre nature - Le îles Galápagos, Collection Latitudes 23, 2000, IRD, Paris - En 2007, la version espagnole de cet ouvrage a été réactualisée et complétée par un chapitre plus récent.
- Konjev Desander, Léon Baert et al., Effects of the feral goat population explosion on Alcedo volcano (Isabela, Galápagos) between 1986 and 1996, in Galapagos research, 64, Déc. 2006



Escargot géant d'Afrique (Achatina fulica). Un des nouveaux envahisseurs de l'archipel. Une menace terrible pour les petites espèces endémiques locales.
© Julie Van Rossom

PERSONA NON GRATA

Le jour de notre visite à la Fondation Charles Darwin, le lichénologue Frank Bungartz annonçait à ses collègues de la FCD l'arrivée de l'escargot géant d'Afrique, un envahisseur particulièrement redoutable pour les petits escargots endémiques de l'archipel. Moins redoutables que les chèvres. Entre 1998 et 2006, un immense programme d'éradication caprine a été lancé. Des hélicoptères ont même été chargés de survoler les îles pour les abattre.

Le rat brun, introduit sur l'archipel par les premiers marins qui y ont accosté, a déjà décimé son homologue local. Les chiens et les chats, quant à eux, détruisent les nids des tortues marines et terrestres.

Du côté des végétaux, le constat est encore plus effrayant. L'avocatier, le goyavier ou encore les mûres sont autant de plantes introduites par l'homme soit accidentellement, soit à des fins commerciales. Est-il possible de revenir en arrière? «Tout dépend du type d'organisme allochtone», explique Rachel Atkinson, responsable démissionnaire du thème Restauration écologique de la FCD. «En règle générale, il est impossible d'éradiquer complètement les plantes et les insectes allochtones. Pour les végétaux, il est parfois même préférable de laisser une niche écologique non-colonisée par les espèces locales et prévenir ainsi l'apparition d'autres espèces étrangères. Les solutions doivent être élaborées au cas par cas et il faut toujours préalablement évaluer le degré de nuisance de l'envahisseur avant d'envisager toute opération d'éradication.»



© Fondation Charles Darwin

Les chercheurs de la Fondation Charles Darwin (FCD), ONG internationale de recherche, la FCD rassemble des chercheurs des quatre coins du globe.

Iguane marin (Amblyrhynchus cristatus) Une autre espèce phare des Galápagos. Ce sont les seuls iguanes au monde capables de nager. Ils se nourrissent d'algues.



© Julie Van Rossom



Pr. Marco Dorigo

Marco Dorigo : chronique d'une carrière scientifique réussie !

A en croire le parcours de Marco Dorigo, du rêve de gosse à la carrière scientifique, il n'y a qu'un pas ! En effet: lorsqu'il était haut comme trois pommes et qu'on lui demandait ce qu'il voulait faire plus tard, ce spécialiste de l'intelligence artificielle répondait du tac au tac : « Voyager, apprendre les langues et être un scientifique dans le domaine de la physique ». Et c'est à peu de choses près ce qu'il est devenu... Chronique d'une carrière menée de main de maître et récemment couronnée par un « ERC Advanced Grant ». Une bourse de 2 millions d'euros décernée par le Conseil européen de la recherche (ERC)

Aujourd'hui Directeur de recherches F.R.S.-FNRS au sein de l'Institut de Recherches Interdisciplinaires et de Développements en Intelligence Artificielle (Iridia/ULB), Marco Dorigo a fait ses premiers pas de scientifique à l'Ecole Polytechnique de Milan. « Une fois mon diplôme d'Ingénieur en poche, j'ai dû faire mon service civil et j'en ai profité pour peaufiner mes connaissances en physique et en informatique », se rappelle-t-il. Ainsi, à côté de son travail avec des enfants dans le cadre de son service civil, il s'inscrit à une licence en physique. Et ne s'arrêtera pas en si bon chemin. Une fois le service civil terminé, sa soif de connaissances

est intacte et le jeune scientifique de l'époque opte pour un doctorat dans la même Ecole Polytechnique. Non content d'avoir réussi à percer dans le domaine scientifique Marco Dorigo va aussi combler ses envies de voyages ! Pendant son doctorat, il passera quelques temps à l'Université de Munich où il entend parler des travaux de Jean-Louis Deneubourg, directeur du Laboratoire d'Ecologie Sociale de l'ULB, sur la modélisation du comportement des fourmis. « Ca m'a séduit et j'ai commencé à réfléchir à comment utiliser des modèles de systèmes biologiques pour résoudre des problèmes mathématiques. » Les algorithmes



L'ERC ADVANCED GRANT

Décerné par le Conseil européen de la recherche à des chercheurs reconnus comme leaders dans leur discipline, l'ERC Advanced Grant a pour but d'encourager la prise de risque et l'interdisciplinarité dans la recherche. Il soutient en outre des recherches de qualité reconnues comme pionnières. « Notre projet est très novateur, l'intelligence en essaim n'en est qu'à ses balbutiements d'où l'intérêt du conseil européen pour nos travaux. L'avantage de ce type de financement est qu'on attend de nous des résultats mais pas de résultats précis. Nous allons donc pouvoir explorer plusieurs pistes, aller hors des sentiers battus. Ce qui nous offre parfois la possibilité de très belles découvertes », s'enthousiasme Marco Dorigo.

<http://erc.europa.eu/>



DES FOURMIS À L' « OPTIMISATION COMBINATOIRE »

génétiqes et les algorithmes inspirés par le comportement des fourmis sont alors devenus un domaine de recherche déterminant pour Marco Dorigo. « S'inspirer de la génétique des populations ou des comportements des insectes sociaux pour développer des théories ou trouver des solutions à des problèmes actuels me fascine. » Sa manière préférée d'aborder ces algorithmes? Via de petits robots qu'il programme pour qu'ils puissent s'auto-améliorer. Son doctorat fini, le chercheur prend la route pour l'Université de Berkeley en Californie où il fait un post-doc. C'est là que l'aventure belge du scientifique a commencé. « Pendant mon post doc, j'ai rencontré Hugues Bersini et Philippe Smets, directeur de l'Iridia à l'époque. Ils avaient eu vent de mes travaux et m'ont proposé de venir travailler avec eux à Bruxelles. »

Des algorithmes à la robotique

« Au sein de l'Iridia, je me suis concentré sur la robotique distribuée. Cela consiste à étudier des groupes de robots qui collaborent pour résoudre des problèmes qu'on leur donne. Tâches qu'ils sont incapables de mener à bien seuls, ils sont obligés de passer par la coopération pour y arriver. » Par robots, n'oubliez pas de mini Goldorak qui avancent par à-coups. Les robots qui peuplent aujourd'hui le bureau de Marco Dorigo sont plutôt de petites structures tantôt capables de voler et disposant d'une bonne vision de ce qui les entoure comme les « eye-bots », tantôt munies de mains et de bras leur permettant de grimper au mur tels les « hand-bots ». « Ces robots n'ont rien à voir avec les petits robots à roulettes sur lesquels je travaillais au début de ma carrière, se rappelle le chercheur. Et les problèmes que nous leur demandons de résoudre non plus d'ailleurs. Ils sont de plus en plus complexes. »

Des robots dans un environnement humain

Les problèmes complexes, Marco Dorigo les affectionne particulièrement. Plus ils le sont, plus il en apprend sur le fonctionnement de ses robots. C'est donc en toute logique qu'il se soit attaqué à un défi de taille. Nom de code : « Swarmanoid ». « Swarmanoid est un acronyme alliant le mot swarm, qui signifie essaim et le mot humanoid. Ce projet se différencie nettement des autres projets touchant à cette thématique. En effet, alors que la plupart des recherches sur les essaims de robots se concentrent sur des robots du même type, nous créons des essaims compo-

sés de robots de différents types plongés dans un environnement humain. » L'intérêt de former des essaims de robots, plutôt que de faire un super robot capable de tout faire tout seul? Au sein d'un essaim, l'intelligence de chaque individu permet de résoudre des problèmes complexes grâce à la collaboration entre robots. Ce qui offre une solution plus robuste, plus flexible et moins coûteuse que la seconde option. « Actuellement, la compréhension du fonctionnement de l'intelligence artificielle en essaim repose en grande partie sur des estimations et des intuitions individuelles de chercheurs expérimentés. C'est insuffisant pour envisager des applications concrètes ou pour prédire avec précision le comportement de systèmes conçus par les chercheurs. L'objectif de notre projet baptisé E-SWARM est de développer une méthodologie rigoureuse d'ingénierie pour la conception et la mise en œuvre de systèmes d'intelligence artificielle en essaim. »

Un projet qui intéresse l'Europe

Marco Dorigo en est certain : « A l'avenir, l'intelligence en essaim constituera un outil important pour les chercheurs et les ingénieurs intéressés à résoudre certains types de problèmes complexes. C'est pourquoi il est essentiel que nous construisions les fondements de cette discipline ». Et il n'est pas le seul à l'avoir compris ! En effet, le Conseil européen de la recherche (European Research Council - ERC) a décidé de lui accorder une bourse prestigieuse de deux millions d'euros pour l'aider à progresser dans ses recherches. Un prix que l'Europe

Scientifique touche à tout, Marco Dorigo est également fan de l'optimisation combinatoire, un domaine de recherche dans lequel il s'illustre en mettant en application ses algorithmes basés sur le comportement des fourmis. Pour les non avertis, l'évocation de ce thème de recherche ne suscite rien... ou en tout cas pas grand-chose. L'occasion pour le chercheur d'essayer d'éclairer votre lanterne. Car finalement expliquée avec des mots simples cette discipline est tout de suite moins complexe ! « L'optimisation combinatoire consiste à chercher la meilleure solution à un problème parmi un grand nombre de possibilités, explique Marco Dorigo. Mais prenons un cas pratique : imaginez un groupe de touristes qui désire faire le tour des grandes villes européennes, quel serait l'itinéraire le plus court ? Trouver cet itinéraire, n'est autre qu'un problème d'optimisation combinatoire. Et le chemin le plus court tenant compte de différents paramètres, la solution à ce problème » Marco Dorigo parvient à résoudre ce genre de problèmes grâce aux algorithmes basés sur le comportement des fourmis. Ces algorithmes permettent par exemple de déterminer l'ordre le plus judicieux des machines dans une usine d'assemblage, de choisir comment placer les différents éléments d'un circuit intégré ou encore faire choisir un trajet à un GPS. Autant de situations où les fourmis artificielles de Marco Dorigo permettent d'être plus performant, de gagner du temps et bien souvent de l'argent !

n'accorde pas facilement puisque Marco Dorigo est le seul lauréat belge francophone parmi les 1 534 chercheurs belges ayant postulé !



Marco Dorigo,
IRIDIA, ULB
mdorigo@ulb.ac.be

Penser à UNE chose à laquelle personne n'a pensé

Lorsqu'on demande à Marco Dorigo ce qui l'anime dans son travail, ce dernier ne parle étonnamment pas des applications pratico-pratiques que permettent ses découvertes. « Les applications m'intéressent beaucoup moins que la recherche pure et dure. J'aime ce côté abstrait et l'idée que je puisse trouver quelque chose auquel personne n'a pensé avant moi. Je me rappelle d'ailleurs que la première fois que j'ai parlé à mes professeurs de l'application des algorithmes basés sur le comportement des fourmis, ils m'ont pris pour un fou. »

Elise Dubuisson



UNE REVUE CONSACRÉE À L'INTELLIGENCE EN ESSAIM

Si l'intelligence en essaim ou « swarm intelligence » est un domaine de recherches relativement récent, elle n'en a pas moins retenu l'attention des éditeurs scientifiques. En effet, depuis quatre ans, la discipline possède son propre titre « Swarm Intelligence » aux éditions Springer. Et qui est le rédacteur en chef de la revue ? Marco Dorigo !





10 millions
de Single Nucleotide Polymorphisms dans le génôme humain, expliquent la diversité génétique humaine

Des chiffres et des gènes

Les grands nombres, c'est l'affaire des mathématiciens; la génétique est devenue affaire de grands nombres; donc, la génétique est affaire de mathématiciens. Ce syllogisme, que les biologistes ne manqueront sans doute pas de réfuter, se vérifie pourtant lorsqu'on rencontre Daniele Catanzaro, Chargé de recherches F.R.S.-FNRS.

Daniele Catanzaro



On sait aujourd'hui que beaucoup de maladies comme certains cancers, la maladie d'Alzheimer, l'asthme et bien d'autres ont une composante environnementale et une composante génétique. Si les facteurs externes peuvent être plus ou moins contrôlés, il n'en va pas de même pour les génétiques même si des progrès considérables ont eu lieu avec le séquençage du génome humain. Celui-ci a révélé que si on compare les chromo-

somes de deux êtres humains, leur séquence d'ADN peut être identique sur des centaines de nucléotides (les molécules A, T, C et G) mais qu'environ une sur mille va varier d'une personne à l'autre. Par exemple, là où la personne X aura le nucléotide C, la personne Y aura le G. D'autres types de différences entre ADN sont possibles, mais celle qui porte sur un seul nucléotide est de loin la plus

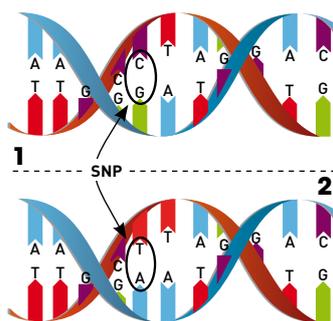
répandue. Cette variation, ou polymorphisme, porte le nom de SNP (Single Nucléotide Polymorphisms). Bien entendu, comme les nucléotides sont toujours associés par paire sur le brin d'ADN (A et T, C et G), la variation d'un nucléotide signifie la variation de la paire (voir schéma).

Il existerait environ 10 millions de SNPs dans le génome humain. Autrement dit, si on les identifie, on identifie la diversité génétique de l'espèce humaine. Mais aussi les gènes responsables de maladies. Les SNPs vont en effet servir de marqueurs. Prenons par exemple tel type de cancer que l'on soupçonne d'avoir une cause génétique. Comment faire pour repérer l'endroit du gène responsable dans nos chromosomes? Il « suffit » de comparer les SNPs d'individus souffrant de ce cancer avec les SNPs d'individus sains puisque les SNPs marquent des différences génétiques, donc aussi les différences entre individus sains et malades. Si on découvre un SNP plus fréquent dans la population malade que dans l'autre, on

l'utilisera pour localiser et identifier le gène responsable de la maladie.

Mais passer 10 millions de SNPs au crible est trop lent et surtout trop coûteux. Les chercheurs ont alors pensé utiliser une particularité des variations génétiques dans les chromosomes: elles sont souvent proches l'une de l'autre et héritées ensemble. Ainsi, si plusieurs individus ont un A au lieu d'un C à un endroit d'un chromosome, ils auront également tous d'autres SNPs dans la région voisine de l'A! Ces régions où sont regroupés les SNPs sont appelées les haplotypes.

« SI ON COMPARE LES CHROMOSOMES DE DEUX ÊTRES HUMAINS, LEUR SÉQUENCE D'ADN PEUT ÊTRE IDENTIQUE SUR DES CENTAINES DE NUCLÉOTIDES (LES MOLÉCULES A, T, C ET G) MAIS ENVIRON UNE SUR MILLE VA VARIER D'UNE PERSONNE À L'AUTRE. »



Des 0, des 1 et des 2...

Tout se complique encore du fait que chaque individu a du matériel génétique en provenance de sa mère et de son père. Chaque gène peut exister en un ou plusieurs variants appelés allèles, chaque allèle se différenciant par la séquence de nucléotides. Ainsi, un gène codant la couleur des yeux peut exister en plusieurs variants codant plusieurs

coloris. Si les allèles apportés par chaque parent sont semblables dans leur séquence de nucléotides, l'individu est homozygote pour ce gène. Dans le cas contraire, il est hétérozygote. Comment les mathématiciens se sont-ils emparés de tout cela? Ils considèrent les suites de paires de bases et attribuent un 0 pour le nucléotide le plus fréquent (wide) dans la position p tandis que le nucléotide mutant dans la position p est codifié 1 dans le cas homozygote, et 2 pour l'hétérozygote. Chaque individu se trouve ainsi défini par une suite impressionnante de 0,1 et 2: 01120021100120110..... C'est le génotype d'une personne; cela traduit donc bien qu'elle est le fils ou la fille de puisque la présence de 2 dans la séquence trahit qu'il y a eu un apport différent de deux personnes. Si j'élimine ceux-ci par contre, c'est l'information primaire, séparée du père et de la mère: c'est le haplotype d'une personne.

Le problème, c'est que un « 2 » peut signifier que le père ou la mère a un « 1 » ou que le père ou la mère a un « 0 ». Pour « éliminer » tous les 2 d'un génotype, on a donc défini que $0+0=0$; $1+1=1$; $0+1$ et $1+0=2$. Donc, si une petite séquence d'un génotype est 01202, je dois trouver deux séquences de 0 et 1 telles que la somme des deux séquences donne 01202, soit le génotype. Dans notre cas très simple ce seront par exemple 01001 (notée h1) et 01100 (notée h2), dont la somme fait bien 01202. Mais il y a bien sûr d'autres possibilités. Inutile de dire que dans le cas de génotypes complets (et non d'une ridicule petite séquence), les possibilités deviennent quasi-infinies. Tous ces éléments h1, h2...hn constituent l'ensemble du haplotype et le nombre de paires d'haplotypes associés sera de $2 \exp n-1$ où n représente le nombre de nucléotides hétérozygotes dans le génotype. Le but des chercheurs est de considérer les génotypes de personnes atteintes de telle maladie et de repérer les haplotypes les plus fréquents chez les malades, qui trahissent les SNPs responsables de la maladie. Mais si $n=50$, plus de 200 siècles seraient nécessaires à un ordinateur pour passer tout au crible; si $n = 100$, l'âge de l'univers n'y suffirait pas!

Optimaliser avec les modèles mathématiques

La seule solution est donc de développer des modèles mathématiques d'optimisation combinatoire. Exactement comme dans des problèmes de détermination de prix ou de réseaux, par exemple faire choisir à son GPS le chemin le plus court ou le plus rapide sans devoir essayer et calculer tous les trajets possibles. Pour cela, il faut d'abord déterminer des critères d'optimalité (c'est le travail des biologistes) puis appliquer des techniques mathématiques pour trouver la solution optimale. Un problème simple, pour lequel il existe des algorithmes permettant

de le résoudre est dit Polynomial (ou P: lire l'encadré ci-contre). Les autres, les vrais casse-têtes comme ceux que pose la génétique, sont dits Non-déterministes Polynomiaux (NP).

Les modèles développés par Daniele Catanzaro, ingénieur en informatique et docteur en sciences ont été appliqués avec succès à la recherche de deux maladies; l'alopecie ((absence de poils sur le corps) et le psoriasis: les génotypes de 200 malades ont pu être analysés en un temps record et 800 SNPs déterminés là où, jusqu'à présent, les meilleures analyses en livraient 60 ou 70 au maximum.

La recherche des causes génétiques de maladies n'est pas le seul secteur de la génétique où s'appliquent les travaux de Daniele Catanzaro. Ce dernier travaille également sur les influences phylogénétiques. Un arbre phylogénétique représente l'évolution des espèces ou d'une espèce (voir schéma). En général, il est construit en se basant sur les données morphologiques. Mais comment faire si l'espèce n'a pas de morphologie, par exemple les virus? Les virus du sida constituent une grande famille et il est important d'en reconstituer l'arbre phylogénétique pour développer des vaccins à partir de virus similaires. De tels arbres doivent donc être construits à partir des séquences génétiques des virus. Or placer chaque virus à sa place, c'est devoir choisir entre de multiples possibilités. Ainsi, si il y a n espèces à placer sur l'arbre, il y a $(2n-5)!!$ possibilités (où « !! » représente une double factorielle). Si $n = 100$, cette fois, il faudra plusieurs fois l'âge de l'univers pour arriver au bout... Le travail des mathématiciens consiste donc une fois de plus à quantifier les critères de choix retenus par les biologistes, quantifier par exemple le fait que l'homme est plus près du chimpanzé (ce dont on est certain pour des tas de raisons) que du chien. Le modèle établi, il faut ensuite le confronter à l'expérience pour voir s'il donne des résultats satisfaisants... avant de dire qu'il est applicable aux virus.

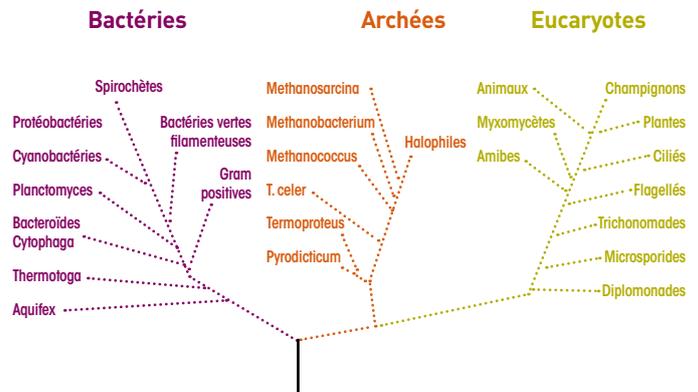
Enfin, dernier centre d'intérêt de Daniele Catanzaro: l'évolution d'une séquence moléculaire, par exemple celle d'un virus comme celui de la grippe porcine. Comment va-t-il évoluer dans le temps, se transmettant, passant d'un pays à l'autre? Une question cruciale en terme d'épidémiologie. Là aussi, ce sont les modèles mathématiques qui vont aider à dire comment le virus va évoluer, s'il est susceptible de devenir dangereux pour l'espèce humaine. Comme quoi les mathématiques peuvent venir au secours de l'humanité.

Henri Dupuis



Daniele Catanzano,
G.O.M, ULB
dcatanzano@ulb.ac.be

ARBRE PHYLOGÉNÉTIQUE DE LA VIE



P = NP ? LE PROBLÈME À UN MILLION DE DOLLARS!

Le problème P=NP (ou P versus NP) se résume à savoir si tous les problèmes NP sont en fait assimilables à des problèmes P. Si P et NP sont équivalents, alors la solution d'un problème NP quel qu'il soit pourrait être obtenue au moyen d'algorithmes rapides; dans le cas contraire, le seul moyen de résoudre un problème NP consisterait en une recherche exhaustive, extrêmement lente. La relation entre P et NP reste pour l'instant une inconnue, considérée par nombre de spécialistes comme le problème le plus important en mathématique et science de l'informatique. Une solution à cette énigme aurait des conséquences considérables pour de nombreux problèmes de la vie quotidienne, ce qui explique que le Clay Institute a inclus P=NP dans sa liste de problèmes du Millenium Prize Problems. Tout qui lui apportera une solution satisfaisante se verra gratifier d'un prix de 1 million de dollars!

On peut résumer le problème P=NP de la manière suivante : Imaginons une question à laquelle on peut répondre par oui ou par non et cette réponse (oui ou non) peut être vérifiée "rapidement". Est-il également possible de la faire vérifier aussi rapidement par ordinateur ?

Un exemple? Etant donné un ensemble d'entiers, existe-t-il un sous-ensemble non-vide lui appartenant dont la somme est 0 ? C'est un problème dont la solution est facile à vérifier mais dont la réponse est pourtant théoriquement compliquée à informatiser. Ainsi, existe-t-il un sous-ensemble de l'ensemble $S = \{-2, -3, 15, 14, 7, -10\}$ dont la somme est 0 ? La réponse est "oui", puisque $\{-2, -3, -10, 15\} = 0$, et que cela peut être vérifié rapidement en effectuant trois additions. Cependant, trouver un tel sous-ensemble n'est théoriquement pas une mince affaire car cela implique pour l'ordinateur de dresser la liste exhaustive de tous les sous-ensembles contenus dans S : $\{-2, -3\}$, $\{-2, 15\}$, $\{-2, -3, 15, 14\}$,... etc. Dans notre exemple, c'est facile, mais si S contient un très grand nombre d'éléments, même les ordinateurs les plus puissants vont y passer un temps fou! Notre seule chance est donc de disposer d'un algorithme capable de répondre rapidement, sans établir la liste de tous les sous-ensembles contenus dans S. Si tel est le cas, ce problème NP devient l'équivalent d'un problème P.

Aujourd'hui, le seul moyen de résoudre les problèmes NP est de concevoir des modèles mathématiques tels que ceux développés par Daniele Catanzaro. Ces modèles aident à trouver des solutions dans un temps raisonnable, mais ne sont applicables qu'à des problèmes relativement « simples ». Trouver le moyen de résoudre efficacement tous les problèmes NP est le Graal des mathématiciens.



Pr. Cédric Blanpain, ULB.

L'origine cellulaire des cancers

Une remise en question s'impose...

Grâce aux travaux d'une équipe de chercheurs de l'ULB, le carcinome basocellulaire, l'un des cancers de la peau les plus fréquents, est désormais mieux compris, en tout cas pour ce qui est de son origine cellulaire. Et il faut bien l'avouer : c'est une autre vérité qui s'est dégagée... au bénéfice d'autres formes de cancers et de leurs futurs traitements, très probablement !

S'il est bien une question qui taraude tous les spécialistes du cancer, c'est certainement celle de son origine... Comment reconnaître la ou les cellules qui évolueront en cellules cancéreuses ? « On sait qu'il se produit toute une série de mutations génétiques dans certaines cellules, et l'on commence à bien connaître ces mutations. Par contre, pour la plupart des cancers, on ne sait toujours pas quelles sont les cellules qui doivent accumuler ces mutations pour former un cancer. La seule approche fiable dont nous disposons pour identifier d'une manière non ambiguë l'origine cellulaire d'un cancer est l'approche expérimentale chez la souris. En effet, chez l'homme, quand on diagnostique le cancer, il est déjà trop tard pour comprendre son origine car la tumeur déjà présente englobe généralement une grande partie du tissu, rendant impossible l'identification certaine de son origine cellulaire », explique le Dr Cédric Blanpain, Chercheur qualifié F.R.S.- FNRS à l'Institut de Recherche Interdisciplinaire en biologie humaine et

moléculaire (IRIBHM-ULB) qui a dirigé cette étude. Etude qui a fait la couverture de l'édition de mars de Nature Cell Biology, ce qui laisse deviner toute son importance...

Effet surprise !

Voilà donc le postulat de départ qui allait cependant réserver quelques surprises... Aussi, pour comprendre comment les cellules deviennent cancéreuses, il a fallu initier la tumeur de manière contrôlée dans le temps et l'espace. Pour y parvenir, l'équipe du Dr Blanpain a modifié génétiquement quelques souris (souris transgéniques), capables dès lors d'activer un gène porteur du cancer (oncogène) et de développer ainsi un cancer de la peau comparable à celui des êtres humains. Il a aussi fallu établir des protocoles et créer de nouveaux modèles génétiques... : un long travail de préparation qui allait déboucher sur bien des surprises ! « Nous avons d'abord déterminé l'effet de l'expression du gène qui engendre ce cancer dans les cellu-

« LA SEULE APPROCHE FIABLE DONT NOUS DISPOSONS POUR IDENTIFIER D'UNE MANIÈRE NON AMBIGUË L'ORIGINE CELLULAIRE D'UN CANCER EST L'APPROCHE EXPÉRIMENTALE CHEZ LA SOURIS. »

les-souches du poil, caractérisées pour leur grande capacité de renouvellement et de différenciation, puisque d'après les ouvrages de référence, c'était au niveau de ces cellules-souches que se développait ce type de cancer. Nous avons donc activé l'oncogène qui entraîne ce type de cancer au niveau de ces cellules, mais nous avons dû déchanter : rien de méchant ne s'y passait ! Juste quelques lésions pathologiques, mais qui n'évoluaient pas vers le cancer », poursuit le Dr Blanpain. « Nous avons été surpris de constater que cette hypothèse de départ ne se vérifiait pas ! », confirme Khalil Kass Youssef, premier auteur de l'étude et boursier FRIA dans l'équipe du Dr Blanpain. Mais alors, si les cellules souches du follicule pileux ne sont pas à l'origine de ce cancer, dans lesquelles ce cancer trouve-t-il donc son origine ?

Nouvelle technique

Il fallait donc reprendre les recherches... Alors, l'équipe a pour la première fois utilisé une nouvelle technique dans ce type de recherche : l'analyse clonale au cours du développement cancéreux. « Cet outil nous donne l'occasion de suivre une cellule transformée par un oncogène et ses descendants au cours du temps et même de les isoler grâce à un gène rapporteur fluorescent qui est activé quand l'oncogène était exprimé. Donc, lorsque l'on active des cellules cancéreuses, nous pouvons suivre chaque cellule et voir dès lors de laquelle provient le cancer. C'est donc grâce à cette technique que nous avons pu examiner le développement cancéreux, ce qui n'avait encore jamais été fait dans le cadre de recherches sur le cancer chez des mammifères », poursuit le Dr Blanpain. Et c'est grâce à cette technique d'analyse clonale du développement tumoral que toute l'équipe a bien dû conclure encore une fois que les cellules cancéreuses ne provenaient

pas des follicules pileux, comme tout le monde le pensait... Conclusion qui s'est imposée lorsque les chercheurs ont constaté que même si les cellules cancéreuses possédaient les mêmes caractéristiques biochimiques que les follicules pileux, elles n'en provenaient pas, mais étaient générées dans les cellules-souches interfolliculaires, c'est-à-dire celles qui forment la couche cornée de la peau, et qui se situent entre les follicules ! « Au niveau de la patte, là où il n'y avait pas de follicule pileux, on observait dans quasiment tous les cas une évolution cancéreuse qui présentait les mêmes caractéristiques que les cancers qui provenaient des régions de la peau contenant des follicules pileux comme la queue de la souris. Nous tenions ainsi notre preuve ! », s'est réjoui le Khalil Youssef. Ce qui semblait après coup logique : le carcinome basocellulaire étant lié à l'exposition au soleil et les cellules-souches interfolliculaires étant localisées plus superficiellement que les cellules souches du follicule pileux, il était donc logique qu'elles soient aussi plus vulnérables à l'agression des rayons UV du soleil...

Aussi les auteurs de cette étude ont montré que la plupart (environ 80%) des cellules progénitrices de l'épiderme interfolliculaire qui exprimaient l'oncogène évoluaient vers le cancer. Autrement dit, le carcinome basocellulaire ne requiert pas de nombreuses modifications génétique ou épigénétiques aléatoires pour se développer : le tout est de trouver la « bonne » cellule qui n'en demandera pas tant pour se multiplier, favorisant ainsi la prolifération des cellules cancéreuses, de manière inexorable !

Théories à revoir ?

Grâce à sa recherche, l'équipe de l'ULB remet donc en question un principe trop vite accepté : lorsqu'une cellule cancé-

reuse exprime le marqueur biochimique d'un tissu, ce n'est pas pour autant qu'elle en provient ! Et affirmer cela équivaut à remettre sur le métier un certain nombre de théories relatives à différents types de cancers. Aussi, le Dr Blanpain est confiant : cette nouvelle technique d'analyse clonale du développement tumoral sera transposable à l'analyse d'autres types de cancers à partir du moment où les gènes impliqués dans leur développement sont clairement identifiés. C'est notamment le cas de nombreux cancers comme ceux du sein, du côlon ou de la prostate, causes importantes de décès. L'équipe du Dr Blanpain s'est déjà mise au travail pour découvrir de la même manière les cellules à l'origine d'autres cancers cliniquement importants comme celui du sein et les carcinomes spinocellulaires.

Mais le travail n'est pas terminé ! La cellule à l'origine du cancer une fois établie, il faut encore comprendre ce qu'il se passe avant d'en arriver au cancer invasif... Chaque stade du développement des cellules et donc de la progression du cancer va devoir être analysé. Et peut-être pourra-t-on un jour, grâce à ces recherches, trouver un moyen de bloquer l'invasion cancéreuse... « Cela fait partie de nos recherches en cours, avec des résultats prometteurs pour la connaissance des mécanismes initiaux qui gouvernent le développement tumoral », conclut Khalil Kass Youssef.

L'équipe de Cédric Blanpain a donc encore du pain sur la planche, mais cette découverte majeure ne pourra que les encourager dans cette voie prometteuse et à poursuivre leurs recherches fascinantes.

Carine Maillard

 **Cédric Blanpain,**
IRIBHM, ULB
cedric.blanpain@ulb.ac.be

POURQUOI LE CARCINOME BASOCELLULAIRE ?

L'étude a porté sur le cancer de la peau, car il s'agit d'un tissu où résident un grand nombre de sous-types cellulaires, qui sont bien organisés en sous-compartiments bien connus des chercheurs sur les plans histologiques, biochimiques et moléculaires... Il est en effet plus facile de travailler sur des tissus bien maîtrisés...

De plus, le carcinome basocellulaire est le cancer de la peau le plus fréquent chez l'homme : on compte chaque année un million de nouveaux cas à travers le monde, dont 700.000 rien qu'aux Etats-Unis. Il n'est généralement pas très agressif et évolue lentement, mais dans certains, le pronostic n'est pas aussi rassurant. Le besoin de nouvelles stratégies thérapeutiques se faisait donc ressentir. La découverte de l'équipe de l'ULB permet de mieux comprendre l'origine du carcinome basocellulaire mais offre aussi de nouveaux espoirs pour mieux définir quels sont les changements moléculaires qui accompagnent la progression cancéreuse et ainsi développer de nouveaux traitements préventifs ou curatifs !

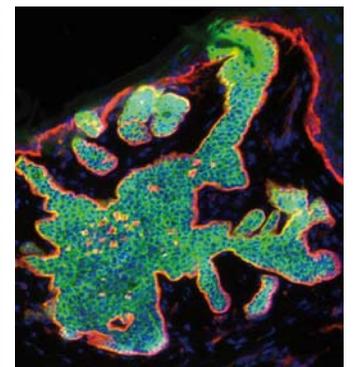
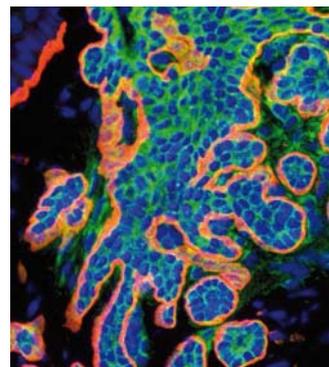
« LE TRAVAIL N'EST PAS TERMINÉ ! LA CELLULE À L'ORIGINE DU CANCER UNE FOIS ÉTABLIE, IL FAUT ENCORE COMPRENDRE CE QU'IL SE PASSE AVANT D'EN ARRIVER AU CANCER INVASIF... »



BIO EXPRESS

Cédric Blanpain est un jeune chercheur qui a terminé ses études de médecine en 1995, à l'Université Libre de Bruxelles. Il a passé son doctorat en sciences médicales en 2001, pour enchaîner avec un post-doctorat à l'Université Rockefeller aux Etats-Unis, terminé en 2006. C'est cette année-là qu'il est désigné comme Chercheur qualifié par le F.R.S.-FNRS, alors qu'il est revenu à l'ULB, plus précisément à l'Institut de Recherche Interdisciplinaire en biologie humaine et moléculaire (IRIBHM-ULB). Il souhaite y lancer un projet de recherche sur le lien entre les cellules-souches et les cellules cancéreuses.

Informé de ce projet, **Khalil Kass Youssef**, qui a étudié la biochimie dans son pays d'origine, la Syrie, et poursuivi un master en biochimie à l'ULB, voit une opportunité de combiner des recherches dans deux domaines qui le fascinent : les cellules-souches et le cancer. Ils prennent contact, Khalil Kass Youssef reçoit une bourse de doctorat du FNRS/FRIA et en 2007, l'étude sur le carcinome basocellulaire est lancée avec le succès que l'on sait !



40%

des patients
considérés
inconscients sont en
fait conscients

Etre ou ne pas être... conscient ?



Steven Laureys, ULg.

Steven Laureys, Maître de recherches F.R.S.-FNRS est un pionnier à plus d'un titre, un explorateur d'un continent encore largement méconnu : le cerveau ou plus précisément la conscience ! Paradoxalement, la conscience est le plus souvent définie par sa perte : le sommeil, le coma, les états neurovégétatifs, etc. Il devient alors difficile de penser les états de conscience en termes positifs et donc d'imaginer que quelqu'un « d'inconscient » puisse ressentir le monde extérieur. C'est le défi relevé par Steven Laureys et son équipe du « Coma Science Group » au Centre de Recherches du Cyclotron de l'Université et CHU de Liège.

La question de la conscience semble intéresser l'homme depuis son apparition sur terre car la conscience consiste en partie en une perception du soi et de son environnement. Sachant cela on comprend pourquoi ce sont les philosophes qui se sont emparés de ce domaine pour des siècles. C'est au 19^{ème} siècle avec Freud que tout bascule vers la psychanalyse et

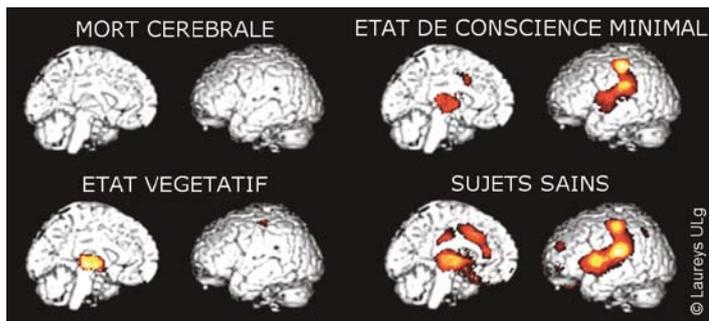
au 20^{ème} plusieurs mouvements s'opposent. « Pendant un long moment, le mot « conscience » a d'ailleurs été banni des écrits scientifiques. La véritable révolution viendra des Nobel comme Francis Crick (co-découvreur avec Watson de la double hélice d'ADN) qui, dès 1973, s'intéresse aux problèmes de la conscience, ce qu'il confirmera avec la publication de « The

Astonishing Hypothesis (1994). Il s'agit vraiment d'un tournant dans la recherche qui était à l'époque tournée surtout vers la psychanalyse et les comportementalistes », explique Steven Laureys. Il faut dire que les progrès des connaissances en neurochimie et des techniques d'imagerie médicale ont également facilité la recherche. Cela étant, il a fallu attendre l'imagerie fonctionnelle et surtout l'IRM fonctionnelle pour mieux comprendre le mécanisme cérébral de la conscience. « Le défi actuel est donc de construire un pont entre ce qui est la pensée et la matière qui supporte ce processus : les neurones. »

L'âme, la conscience et le neurone...

Difficile alors d'imaginer une définition qui satisfasse tout le monde. En effet selon le point de vue où l'on se place le mot « conscience » prend d'autres sens, ce qui fait dire qu'il est protéiforme. Ce-

pendant, l'absence de conscience semble alors plus facilement faire l'unanimité. On comprend donc mieux la nature humaine par les maladies et les affections qui nous atteignent. « On a appris beaucoup du fonctionnement cérébral grâce aux scientifiques comme Broca, par exemple. Cette approche lésionnelle n'est pas seulement importante d'un point de vue clinique, mais aussi pour la recherche, car ces patients qui sont en coma ou qui viennent de sortir du coma récupèrent parfois une partie de leur activité. » Au cyclotron de Liège, l'équipe de S. Laureys travaille tant sur les personnes cérébrolésées que sur les troubles du sommeil ou encore les patients anesthésiés, etc. Toutes ces études permettent de mieux appréhender ce qui se passe chez ces personnes et de pouvoir appliquer ces découvertes dans un contexte clinique. « Ce que nous apprenons sur le terrain nous permet également de changer nos paradigmes de recherches



de laboratoire. C'est donc bien un savoir translationnel qui n'est pas simple à mettre en œuvre mais qui constitue la seule manière de poursuivre cette quête sur les deux terrains, à savoir le corrélat neuronal de la conscience.»

Mais les embûches sont nombreuses surtout si on étudie les états de conscience chez des personnes inconscientes ou supposées telles. Comme obtenir un consentement éclairé ? Le Dr Laureys a par exemple participé à un groupe de travail réuni à Stanford (Californie, USA) qui a mis sur pied des recommandations quant à l'éthique à observer auprès de ces patients.

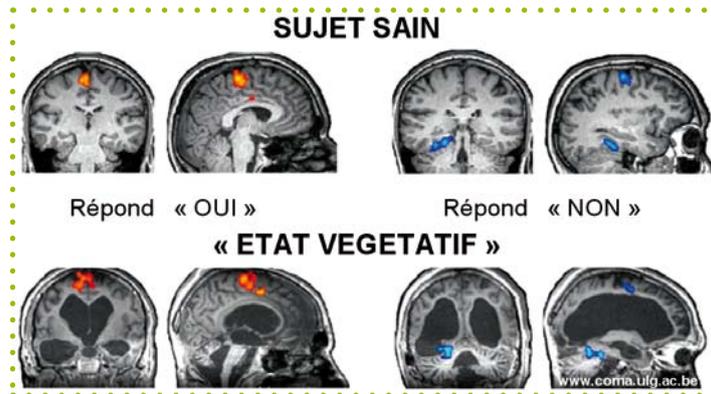
« Liège n'est pas Lourdes »

La question qui demeure est de savoir comment il est possible de déterminer l'état de conscience. « Pour évaluer la conscience, on va demander à la personne une commande simple, « serrez-moi la main ». Si la personne le fait, c'est qu'elle est consciente. L'absence de réactions en revanche ne signifie pas nécessairement qu'elle est inconsciente : elle peut ne pas avoir compris ce que je demandais parce qu'elle parle une autre langue, parce qu'elle est sourde ou parce qu'elle est aphasique. Il peut y avoir aussi une lésion sur le trajet du cortex moteur vers les muscles ce qui empêche la commande de s'exécuter.

L'histoire de Ron Houben est illustrative même si elle a été surmédialisée d'une part et, d'autre part, de manière suboptimale d'un point de vue scientifique. « Nous avons vu ce patient pour la première fois il y a 4 ans, soit 23 ans après son accident. Il «était considéré comme inconscient alors que nous avons montré qu'il présentait des mouvements non réflexes, comme la poursuite visuelle d'un miroir. » Après ces différents tests, on attribue un score au patient. Ceci a permis de savoir que 40% des patients considérés inconscients sont en fait conscients ! Actuellement, cette échelle doit être utilisée dans les services spécialisés, selon une règle édictée par le SPF Santé publique. L'échelle a donc été traduite et validée en différentes langues, notamment en Chinois, en Portugais, et les demandes affluent de partout dans le monde.

Inconscient de la conscience ?

Cependant, tout n'est pas résolu pour autant, car l'absence de réactions ne signifie pas que le patient ne ressent rien ! L'imagerie fonctionnelle offre alors une solution élégante au problème de la non-réponse du patient. C'est ce que S. Laureys a réalisé en 2006 avec l'équipe de Cambridge et la fameuse histoire



de la femme qui jouait au tennis dans sa tête alors qu'elle était considérée en état végétatif.

« Une fois la réponse obtenue sur la conscience du patient, il faut se demander ce qu'est cette conscience. Cette réponse est beaucoup plus difficile à obtenir, car elle demande une communication. Or par définition des critères de l'état de conscience minimale, il n'est pas possible de communiquer de manière fonctionnelle. Le scanner est presque capable de « voir » ce que vous pensez. Chez un individu avec toutes ses capacités, c'est simple et il est même possible de faire agir cette personne sur son environnement pour autant qu'on ait relié un appareil : souris d'ordinateur, robot, etc. Pour une personne en état de conscience minimale, c'est beaucoup plus difficile, mais c'est possible pour des réponses simples. » Exemple : une personne en état de conscience minimale présentera une imagerie cérébrale différente si on cite son prénom ou si on frappe dans les mains, même si ces deux faits attirent son attention. De là l'idée qu'il faut rester prudent à ce que l'on dit en présence d'un patient soi-disant « inconscient ».

« Dans le projet Decoder, soutenu par l'Union Européenne, nous avons en collaboration avec les autres grands centres européens, un système permettant l'enregistrement de signaux au chevet du patient par un casque présentant 256 électrodes, plus simple à déplacer qu'un scanner... » Il est dès lors possible de dialoguer avec des patients en « locked-in syndrome » et de mieux comprendre leur vie et leur qualité de vie. « J'ai été très étonné d'apprendre que beaucoup considèrent qu'ils ont une bonne qualité de vie. »

La douleur demeure...

Ceci est d'une importance capitale, car ces recommandations éthiques ont permis de mettre en œuvre des études comme celle de la perception de la dou-

« L'ABSENCE DE RÉACTIONS NE SIGNIFIE PAS QUE LE PATIENT NE RESSENT RIEN ! L'IMAGERIE FONCTIONNELLE OFFRE ALORS UNE SOLUTION ÉLÉGANTE AU PROBLÈME DE LA NON-RÉPONSE DU PATIENT. »

leur, ayant reçu le soutien du F.R.S.-FNRS et publiée en 2008 dans la revue *Lancet Neurology*. La conclusion de ce travail est que le patient en état de conscience minimale peut percevoir la douleur. La conséquence directe de cela est forcément qu'il faut pouvoir évaluer la douleur et la prendre en charge. Évaluer la douleur chez une personne consciente est relativement facile si elle parle, mais est déjà un peu plus complexe chez un nouveau-né. En revanche, chez une personne supposée ne pas réagir aux stimuli extérieurs, cela relève de la gageure. « C'est ainsi que nous avons été les premiers à étudier la possibilité de la perception de la douleur chez le patient en état végétatif ou en état de conscience minimale. » Ceci a fait l'objet d'une publication très remarquée dans *Pain*, une revue internationale consacrée à la douleur. Dans celle-ci, Laureys et Dr Caroline Schnakers, neuropsychologue et Chargé de recherches F.R.S.-FNRS, montrent non seulement que le patient en état de conscience minimale ressent la douleur, mais donnent aussi une échelle validée d'évaluation de la douleur à réaliser au chevet du patient. « Les examens montrent de ce point de vue que ces patients ont un fonctionnement tout à fait différent d'une personne en coma et ont même des réactions proches de la normale. » Cela signifie aussi qu'il faille réévaluer régulièrement l'effet des antidouleurs chez ces patients. C'est aussi à cela que sert l'échelle de douleur. Grâce au SPF Santé Publique, Laureys et Marie-Aurélié Bruno,

LEXIQUE

Mort cérébrale : il s'agit d'une atteinte cérébrale entraînant un coma irréversible avec une disparition du réflexe respiratoire

Coma : état caractérisé par l'absence totale d'éveil et donc aussi de conscience. Le patient en coma peut présenter des mouvements dits réflexes qui ne sont donc pas volontaires.

Etat végétatif : état dans lequel se trouve un patient en état d'éveil mais incapable de percevoir son environnement.

Etat de conscience minimale : le patient perçoit son environnement, souvent de manière fluctuante, mais ne peut communiquer de manière consistante

Locked-in syndrome : aussi appelé pseudocoma ou en français « syndrome d'enfermement » qualifie l'état d'un patient éveillé et conscient, mais incapable de parler ni de bouger sauf les paupières. Les facultés intellectuelles sont intactes.

Aspirant F.R.S.-FNRS, ont pu recueillir des données de plus de 1000 patients et les résultats préliminaires montrent que les chances de récupération de ces patients sont meilleures. La conséquence directe est qu'il est indispensable de stimuler très tôt ces personnes et d'être plus agressif en matière de rééducation.

Est-ce à dire qu'il faudrait tester tous les traumatisés crâniens ? « Nous sommes ici dans une situation privilégiée avec un grand nombre d'intervenants qui aident à la compréhension des mécanismes. Nous sommes donc conscients que cela n'est pas réalisable dans un hôpital général. Le projet que nous avons, avec les collègues de Cornell (New York), Cambridge grâce la McDonnell Foundation, consiste à répondre à la question « Quel examen pour quel patient ? ». Cela dépendra de la cause et de la durée des troubles de la conscience, mais nous devrions être capables de fournir à la communauté médicale un algorithme permettant d'y répondre d'ici 2015-2016. Notre rôle est donc de rendre service aux cliniciens, aux patients et à leur famille en leur fournissant un programme de décision validé d'un point de vue scientifique, une sorte d'Evidence Based Decision Making », conclut Steven Laureys.

Pierre Dewaele

Steven Laureys, Centre de Recherche du Cyclotron, ULg
steven.laureys@ulg.ac.be



Christian Arnspenger

Penser une transition post-capitaliste



La crise économique que le monde traverse ne peut se réduire à un simple soubresaut cyclique. Mais les soutiens massifs aux banques et les autres mesures prises par les gouvernements seront-ils suffisants? Ou le mal est-il plus profond? Maître de recherche F.R.S.-FNRS, professeur d'économie à l'UCL, Christian Arnspenger consacre ses recherches aux soubassements existentiels de la vie économique, à son éthique existentielle. Son regard est celui d'un économiste, mais aussi d'un philosophe et d'un sociologue. Nous lui avons demandé comment on pouvait envisager une sortie de la crise.

Et d'abord, peut-on parler d'une crise financière classique?

Christian Arnspenger: Superficiellement, oui, on peut parler d'une crise financière et bancaire. Mais la rapidité de sa propagation et son impact sur les personnes innombrables qui n'avaient rien à voir avec la finance montrent que nous vivons dans un système économique très fragile. Le capitalisme, tant que tout va bien, permet de réaliser les souhaits de ceux qui en ont les moyens. Mais quand cela va mal, la crise touche aussi ceux qui n'en bénéficiaient pas.

C'est un système qui manque de portes coupe-feu. Pourquoi ces appels d'air? A cause de la cupidité, de la rapacité, du désir effréné de gains. Une fois qu'on est

propriétaire de quelque chose, on veut en tirer un maximum. Nous vivons dans un système où, pour tirer toute la dynamique du système, on fait confiance à ceux qui ont le plus de moyens et qui sont les plus avides. Ce n'est pas nécessairement du cynisme: le ministre des Finances croit sans doute vraiment qu'il faut des cadeaux fiscaux pour créer des emplois. On délègue en fait le pouvoir d'enrichir tout le monde à ceux qui détiennent le capital.

La façon dont on cherche à sortir de la crise se résume à assainir, et puis on recommence comme avant. Les banques enregistrent déjà des bénéfices monstres, retrouvent leurs comportements risqués et ne veulent pas être soumises à des réglementations. On relance la machine

en accordant cette même confiance aux plus aisés.

La sortie de crise ne va-t-elle pas, en plus, être compliquée par l'épuisement progressif de ressources naturelles comme le pétrole?

C.A.: Si l'on reste dans la logique capitaliste, le problème des ressources naturelles va encore aggraver la situation, parce que le capitalisme est incapable de se limiter. Sauf si les prix du pétrole flambent, mais alors ce sera encore plus grave.

La biosphère de la planète ne supportera pas longtemps les surcharges que l'activité économique des êtres humains (au sens large, incluant loisirs et mobilité) font peser sur elle. Il est évident qu'il faudra une décélération des rythmes de consommation dans les régions riches et émergentes. Ce sera très difficile à faire admettre par les populations, dans un système où la consommation tire l'emploi.

À côté de la finitude de la biosphère, il y a celle de l'être humain. Or ce dernier, confronté à sa fragilité et à la mort, a tendance à nier ces limites et à chercher au dehors de lui un infini dans les désirs sans cesse renouvelés de la consommation et de la possession, qui nourrissent une conception de l'économie comme machine à fournir du progrès à travers la multiplication des biens. Ce déni de la finitude met en péril la nécessaire autolimitation de nos activités.

La question est de savoir sur quelles dimensions de nos mentalités on peut jouer pour que l'autolimitation collective puisse se faire, et comment organiser l'interdépendance des acteurs économiques en conséquence.

Trois perspectives s'ouvrent à nous.

La première est celle du capitalisme vert. Il mise sur deux grands outils pour coordonner les autolimitations: le marché et l'innovation technologique. Au fur et à mesure que les ressources non renouvelables se raréfient ou que des ressources renouvelables sont mises au point, la recherche du profit poussera les entreprises à investir dans l'innovation. Elles engendreront des hausses de productivité dans des secteurs « propres », ce qui permettra une « croissance verte ». Tandis que les productions nécessitant trop de ressources deviendront trop chères et non rentables du fait du mécanisme des prix de marché.

La deuxième est la social-démocratie verte. Ses tenants acceptent fondamentalement cette vision de la croissance verte, mais ils doutent que les mécanismes du marché, limité à un horizon de court terme, soient suffisants pour impulser ce changement-là. Ils prônent donc une intervention volontariste de l'Etat qui impose les priorités écologiques, no-

tamment à travers des mécanismes de taxation.

Le capitalisme vert peut apporter une réponse aux externalités bio-environnementales (la pollution, l'épuisement des ressources, etc.), mais il laisse intactes les internalités anthropo-environnementales, c'est-à-dire la destruction de potentiels humains, l'exploitation des travailleurs, la souffrance au travail, l'aliénation... La social-démocratie verte ne remet pas en cause la logique de l'accumulation du capital comme moteur fondamental de l'économie. Même verte, la croissance butera, tôt ou tard, contre la finitude de la biosphère. Et les problèmes fondamentaux d'aliénation liés au déni de la finitude humaine, avec sa tendance au consumérisme, ne sont pas du tout traités dans la social-démocratie verte.

La troisième perspective est celle de la transition économique et écologique, qui vise à dépasser la structure capitaliste marchande de la société. L'impératif de croissance, inscrit dans les gènes mêmes du capitalisme, ne doit plus être le premier impératif qui guide les décisions politiques. L'inévitable autolimitation ne pourra passer que par, d'une part, la relocalisation autant que possible des activités économiques et, d'autre part, par la création de communautés locales résilientes reliées entre elles par un fort ciment démocratique et culturel, mais économiquement autonomes. Ces communautés post-capitalistes locales regrouperaient des citoyens désireux de renouveler leurs modes d'existence, disposant de leurs circuits de financement, reposant sur des modèles participatifs d'organisation économique (comités de travailleurs et de consommateurs, auto-gestion démocratique, coopératives...). On pourrait qualifier cette perspective de « communaliste ».

Le mouvement de la transition post-capitaliste ne risque-t-il pas de se réduire à quelques groupes utopistes en marge, ne débouchant pas sur des changements fondamentaux de société, comme on l'a vu au 19^e siècle, autour de Robert Owen par exemple?

C.A.: Le changement reposera sur un mouvement social. C'est une question de rapport de forces. Ce qui a déjà changé aujourd'hui, c'est la contrainte écologique. Ce qui n'a pas changé: l'exploitation de l'homme par l'homme. Nous sommes plus près d'une limite du système qu'il y a quarante ou cent ans. Il faut observer le dynamisme de nouveaux mouvements comme la simplicité volontaire ou les villes et communautés en transition. Ils sont minoritaires, certes, mais leur composition est extrêmement diversifiée, aussi bien socialement qu'en termes d'âge.

De plus en plus de citoyens se rendent compte que le modèle consumériste nous rend toxicodépendants d'un mode de vie qui n'est pas vraiment satisfaisant.

C'est la fonction des sciences humaines de non seulement décrire, mais aussi de réfléchir sur l'homme possible. Les sciences humaines montrent que les êtres humains ont su, ou même sauront, vivre autrement.

Mais serons-nous capables d'inverser la machine? On ne le sait pas, pas plus que les experts du GIEC ne peuvent dire qu'ils sont certains que le changement climatique pourra être évité. En tant que scientifique, je peux donner les arguments montrant que ce troisième scénario est éthiquement préférable. Mais je ne peux pas assurer qu'on est certain d'y arriver. D'ailleurs, les économistes qui préfèrent le capitalisme vert ont peut-être la tâche plus facile, mais eux non plus n'ont pas la certitude que la croissance verte ne va pas engendrer une catastrophe écologique malgré tout.

Politiquement, comment pourrait-on préparer cette transition?

C.A.: A court terme, il faut encourager le capitalisme vert, car il est un moindre mal. Mais ce soutien ne peut étouffer les perspectives à plus long terme et les enjeux de la transition post-capitaliste. Il faut en même temps apporter un soutien aux groupements citoyens et aux associations qui portent explicitement des projets de transition économique. Les moyens d'apporter ce soutien pourraient être obtenus par des prélèvements financiers sur le capitalisme vert. Instrumentaliser le capitalisme pour subventionner des activités non capitalistes, un secteur autonome: des coopératives, des entreprises autogérées, des écovillages, des filières courtes pour que les citoyens soient attirés par ce modèle alternatif. Pour financer aussi l'éducation des jeunes à un autre mode de vie. Il s'agit de donner confiance à ces citoyens qui ont conscience des impasses dans lesquelles s'enfoncent nos sociétés, mais qui ont en même temps peur du changement, ou qui n'ont pas envie d'être seuls à bouger.

À côté de cela, la lutte des classes se poursuit. Il faut qu'on maintienne intactes, plus que jamais, des structures comme les syndicats, parce que le capitalisme n'est pas encore mort. Un des enjeux importants sera d'ailleurs la jonction entre ces deux mouvements.

Une action politique du type social-démocratie verte se justifie aujourd'hui si elle s'articule sur une vision à long terme. La transition vers un communalisme post-capitaliste ne sera possible que si, dans l'immédiat, les mesures prises par les pouvoirs publics sociaux-démocrates (écotaxes, réduction du temps de travail, reconversion vers les industries vertes, etc.) s'accompagnent d'une réelle préparation d'un dépassement de cette social-démocratie.

Propos recueillis par
Jean-Paul Vankeerberghen



« C'EST LA FONCTION DES SCIENCES HUMAINES DE NON SEULEMENT DÉCRIRE, MAIS AUSSI DE RÉFLÉCHIR SUR L'HOMME POSSIBLE. LES SCIENCES HUMAINES MONTRENT QUE LES ÊTRES HUMAINS ONT SU, OU MÊME SAURONT, VIVRE AUTREMENT. »



Christian Arnsperger,
ESPO, UCL
christian.arnsperger@uclouvain.be



Bienveillant, mais sexiste...

Le sexisme n'est pas toujours affaire d'hostilité. Considérer les femmes comme des êtres faibles, fragiles, que les hommes doivent assister et protéger, a généralement un impact plus délétère sur leurs performances cognitives que des discriminations moins subtiles et moins ambiguës. C'est ce que montrent des travaux récents de psychologie sociale.

La question du sexisme fut longtemps abordée sous le seul angle de l'hostilité des hommes envers les femmes. Aujourd'hui, l'intérêt se porte aussi sur une autre facette du problème : l'adoption à l'égard des femmes d'une attitude subjectivement positive, bienveillante, mais qui a pour effet de les maintenir dans un état de subordination. Dans cette forme de sexisme, baptisée « sexisme bienveillant », les femmes sont jugées sociables, dépendantes des hommes et peu compétentes. Elles sont perçues comme de « petites choses » faibles et merveilleuses qui doivent être protégées, aimées et placées sur un piédestal.

« Cela correspond aux préjugés paternalistes dirigés vers les individus ou groupes qui ont un bas statut et qui ne sont pas perçus comme menaçants pour les groupes dominants », indique Marie Sartet, doctorante et Aspirant F.R.S.-FNRS au sein du service de psychologie sociale de l'Université de Liège (ULg). Et d'ajou-

ter : « Une phrase comme « Les femmes et les enfants d'abord » ne constitue pas a priori un énoncé négatif à l'égard de la femme. Pourtant, elle est le support de discriminations subtiles qui contribuent à asseoir la domination des hommes. Elle relève donc bel et bien du sexisme. »

Gant de velours

La manière dont le sexisme bienveillant est ressenti est fonction du contexte dans lequel il s'exprime. Si la femme l'accepte et parfois même le valorise dans un contexte romantique, elle le perçoit moins positivement dans l'univers du travail, où elle y est en quête d'égalité. Par exemple, elle ne verra généralement pas d'un bon œil qu'un collègue lui ouvre la portière d'une voiture, alors qu'il n'en fait pas autant pour ses homologues masculins.

Sociologues et philosophes affirment depuis longtemps déjà que l'alliance des deux composantes du sexisme est

très efficace. Toutefois, ils n'ont jamais pu le démontrer. Forts de leurs études expérimentales, les psychologues y sont arrivés. Chacun d'entre nous connaît l'expression « Une main de fer dans un gant de velours ». Précisément, la psychologue américaine Mary Jackman a développé une théorie baptisée « théorie du gant de velours ». Quelle idée véhicule-t-elle ? « Selon Mary Jackman, les préjugés paternalistes, tel le sexisme bienveillant, pourraient réduire la résistance des femmes face à la domination masculine,

« LES FEMMES SONT PERÇUES COMME DE 'PETITES CHOSES' FAIBLES ET MERVEILLEUSES »

Marie Sartet



« LE SEXISME BIENVEILLANT AMÈNERAIT LES FEMMES À MOINS PROTESTER CONTRE LE POUVOIR DES HOMMES, ET À MOINS RECHERCHER LEUR PROPRE STATUT D'INDÉPENDANCE. »



Benoît Dardenne

indique Marie Sarlet. Le sexisme bienveillant les amènerait à moins protester contre le pouvoir des hommes, qu'elles percevraient comme une source de protection et de ressources pour elles, et à moins rechercher leur propre statut d'indépendance.»

Tests d'embauche

Le service de psychologie sociale de l'Université de Liège, dirigé par le professeur Benoît Dardenne, a étudié les conséquences de ce type de sexisme sur les

performances cognitives des femmes^(1, 2). Dans deux expériences successives, qui reposaient sur une simulation de tests d'embauche, des étudiantes de 18 à 25 ans, puis des demandeuses d'emploi en cours de formation au Forem, furent placées dans la peau de candidates à un emploi. Selon les cas, le « recruteur » leur tenait des propos relevant du sexisme hostile ou du sexisme bienveillant, ou alors des propos neutres, sans coloration sexiste. Par exemple, le sexisme bienveillant transparaissait à travers le paternalisme sous-jacent à certaines attitudes galantes ou à des phrases telles que « Les hommes doivent aider les femmes à s'adapter et les protéger ». Les candidates, elles, étaient soumises à une double tâche de mémoire de travail⁽³⁾ (le reading span test - RST) où elles devaient déterminer si une phrase énoncée devant elles était correcte et en retenir le dernier mot en vue d'un rappel ultérieur.

Dans les deux expériences, il apparut que les femmes exposées au discours hostile ou au discours neutre réalisaient des performances équivalentes, mais que les femmes qui étaient confrontées à un discours empreint de sexisme bienveillant obtenaient de moins bons scores. « Ce constat est en accord avec l'idée que les groupes dominants maintiennent plus efficacement les inégalités sociales à travers l'influence persuasive de la bienveillance qu'à travers l'hostilité », commente Marie Sarlet.

Dans une deuxième phase de leurs études, les psychologues liégeois soumi-



ACTIVATIONS CÉRÉBRALES

Conférant une nouvelle dimension à ses investigations sur l'impact des deux formes de sexisme, le service de psychologie sociale de l'Université de Liège a soumis récemment des étudiantes à des études en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Ces volontaires se voyaient proposer le reading span test juste après que le « recruteur » se fut comporté à leur égard de façon neutre, sexiste bienveillante ou sexiste hostile. Comme l'IRMf suppose l'immobilité du sujet dans le scanner, les jeunes femmes ne pouvaient parler ; elles se contentaient de répondre aux questions en appuyant sur un bouton.

Les résultats préliminaires de cette étude sont en accord avec les données recueillies antérieurement. En effet, ils montrent que certaines zones cérébrales sont activées de façon différente selon que l'intervention du « recruteur » a été soit neutre ou hostile, soit paternaliste. Dans le second cas, on constate une activation supérieure de zones du cerveau révélatrices du degré de saturation de la mémoire de travail. D'autres zones censées être désactivées en condition de repos ne le sont pas après un épisode de sexisme bienveillant. « Probablement le maintien de leur activation, reflète-t-il la non-inhibition de pensées intrusives », estime le professeur Benoît Dardenne.

des étudiantes universitaires à une tâche bien connue en psychologie cognitive, la tâche de Stroop, et ce dans les mêmes conditions que celles ayant présidé au reading span test. Résultats similaires !

Pensées intrusives

Comment expliquer la chute de performance enregistrée chez les femmes plongées dans un contexte de sexisme bienveillant ? Le Professeur Benoît Dardenne et ses collaborateurs ont montré qu'elle était causée par la présence de pensées intrusives liées à la nature fondamentalement ambiguë de cette forme de sexisme. Ainsi, les participantes à leurs expériences mimant une situation d'embauche pouvaient se poser des questions comme celles-ci : « Le recruteur veut-il m'aider et pourquoi ? », « Peut-être ne suis-je pas assez compétente ? », etc. « Les femmes peuvent avoir des doutes sur la façon de qualifier le discours de l'individu sexiste bienveillant et peuvent difficilement attribuer leurs états et leurs pensées au sexisme de ce dernier, dit Marie Sarlet. Par exemple, si un homme propose son aide à une femme, il est malaisé pour elle de déterminer si elle est ou non face à un sexiste : le discours de l'individu peut être attribué à son intention de lui être agréable, mais aussi à sa croyance que les femmes sont faibles, fragiles et ont besoin d'une assistance. La présence de telles inférences conflictuelles dans l'esprit des femmes les plongerait dans une ambiguïté cognitive. »

Ainsi que le souligne Benoît Dardenne, la charge mentale résultant de ces pensées

« 'LES FEMMES ET LES ENFANTS D'ABORD', DISCRIMINATION SUBTILE QUI CONTRIBUE À ASSEOIR LA DOMINATION DES HOMMES. »

intrusives consommerait une partie des ressources limitées de la mémoire de travail, lesquelles ne seraient plus disponibles pour la bonne exécution de tâches réclamant beaucoup de ressources cognitives.

Philippe Lambert

- (1) Dardenne B., Dumont M. et Bollier T., Insidious dangers of benevolent sexism : Consequences for women's performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, (2007) 93, 764-779.
- (2) Dumont M., Sarlet M. et Dardenne B., Be kind to a woman, she'll feel incompetent: benevolent sexism shifts self-construal and autobiographical memories towards incompetence. *Sex Roles*, sous presse.
- (3) La mission de la mémoire de travail est de maintenir temporairement une petite quantité d'informations sous une forme aisément accessible pendant la réalisation de tâches cognitives diverses – par exemple, garder en tête deux nombres à additionner



UN EFFET PARADOXAL ?

Se pourrait-il que les performances cognitives des femmes s'avèrent quelquefois supérieures face à des manifestations d'hostilité que face à un comportement neutre ? Ne peut-on imaginer qu'elles veulent se rebeller, qu'elles se sentent transcendées à l'idée de prouver leur valeur... Dans certains cas, la psychologie sociale a d'ailleurs démontré l'existence d'un effet baptisé « stereotype boost » : l'activation d'un stéréotype au sein d'une population cible conduit à une augmentation des performances de celle-ci. Alors, pourquoi pas dans le cas du sexisme hostile ? C'est précisément ce que le service de psychologie sociale de l'Université de Liège cherche actuellement à mettre en évidence.



Marie Sarlet, Benoît Dardenne,
Département des Sciences
cognitives, ULg.
m.sarlet@ulg.ac.be
b.dardenne@ulg.ac.be



Bien construire... pour évacuer dans de bonnes conditions



Vue post-sismique d'Haïti

De la maçonnerie aux rayonnages en tous genres, Hervé Degée, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS à la Faculté des Sciences appliquées de l'ULg, étudie les façons de construire qui permettent d'assurer une meilleure résistance aux tremblements de terre



Hervé Degée

« UN BÂTIMENT, MÊME DE BONNE QUALITÉ MAIS NON PRÉVU POUR RÉSISTER À UN SÉISME, NE RÉSISTERA PAS POUR LA BONNE RAISON QUE LES FORCES SUBIES SONT HORIZONTALES »

Nous sommes en 2030. Un tremblement de terre vient de secouer le sud-est de la France, la Sicile ou la ville d'Athènes, les dégâts sont immenses, les victimes se comptent par milliers et les sans-abris par centaines de mille. Un scénario qui ne devrait cependant pas se réaliser si toutes les constructions étaient parasismiques. Mais est-ce vraiment le cas ?

C'est pour obtenir des éléments de réponse à cette question qu'Hervé Degée, ingénieur civil des constructions, chercheur à l'Université de Liège (Faculté des Sciences appliquées, département ArGenCo (architecture, géologie, environnement et construction), groupe de recherche Sismique & Dynamique) et Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS depuis 2003, se consacre à la recherche dans ce domaine.

Les bâtiments cisailés

Quand on parle de tremblement de terre au grand public, la première caractéris-

tique qui vient à l'esprit est toujours la magnitude. Cet élément, qui représente l'énergie libérée au foyer, permet de classer les événements mais ne présente qu'un intérêt limité lorsque l'on travaille sur les bâtiments parce que les destructions sont dues aux effets d'inertie, c'est-à-dire à l'accélération maximale à laquelle le bâtiment sera soumis pendant l'événement sismique : le sol bouge et le bâtiment veut rester en place. Le nombre d'oscillations de grande amplitude que va subir la construction pendant l'événement constitue un second élément dont il faut tenir compte, explique Hervé Degée. A titre d'exemple, l'accélération maximale lors du tremblement de terre à Liège en 1983 a été estimée à environ 0,1 g (g étant l'accélération de la pesanteur) mais lors de tremblements de terre significatifs (en Italie, en Grèce ou en Turquie) ces valeurs atteignent des valeurs de 0,3 à 0,4 g voire plus et les images nous montrent les dégâts subis. Ce qui revient à dire qu'un bâtiment, même de bonne

qualité mais non prévu pour résister à un séisme, ne résistera pas pour la bonne raison que les forces subies sont horizontales alors que la construction n'est normalement conçue que pour supporter des charges verticales liées à son propre poids et au poids de tout ce qu'elle contient. D'où l'importance de mesures spécifiques parasismiques dans les régions exposées aux tremblements de terre. Enfin, précise encore le chercheur, si les architectes conçoivent les bâtiments et que les sismologues modélisent la propagation des ondes dans le sol lors d'un séisme, il appartient aux ingénieurs des constructions de calculer la réponse des constructions et d'évaluer leur seuil d'endommagement. Et si les techniques actuelles de construction parasismique ne peuvent garantir la pérennité du bâtiment dans le cas de très fortes secousses, elles rendent néanmoins extrêmement improbable son effondrement. D'autre part, la notion de brevet n'existe pas dans la recherche en construction : on peut breveter des élé-

ments de construction mais pas la manière de construire, précise encore Hervé Degée.

Une norme belge

Pour les autorités européennes, la fréquence des tremblements de terre dont il faut tenir compte lors de la construction d'un bâtiment, est celle qui présente une chance sur dix de se produire sur une période de 50 ans, autrement dit, un tremblement de terre en moyenne environ tous les 500 ans. L'objectif en terme de résistance du bâtiment étant qu'il ne s'effondre pas et que l'on puisse sauver ses occupants, quitte à l'abattre ensuite et à le reconstruire. Les études statistiques montrent qu'en Belgique, sur les mille dernières années, il y a eu 3 tremblements de terre de magnitude supérieure à 6 sur l'échelle de Richter. Pour rappel, un séisme de magnitude 6 peut causer des dommages majeurs à des édifices mal conçus dans des zones restreintes et de légers dommages aux édifices bien construits.

Un des produits les plus concrets de ce qui se fait actuellement au département, explique le chercheur, est de développer, sur base d'expériences très sophistiquées, des règles de construction parasismique à l'intention des ingénieurs appelés à faire des calculs de résistance aux séismes. Les contributions du département se traduisent par des règles à portée locale qui sont réunies en une annexe nationale belge qui sera jointe au code parasismique européen. Ce document a été soumis à l'enquête publique en octobre 2009 et est ouvert aux commentaires de la population belge. Et si le timing est respecté, ce texte devrait être d'application au 1^{er} janvier 2011. Cette norme est informative (elle n'a donc pas force de loi) précise encore Hervé Degée, et résume l'état de l'art et de la

connaissance des techniques constructives à l'intention des autorités ou d'un maître d'ouvrage. D'autre part les travaux actuels serviront aussi à alimenter les évolutions futures de la réglementation européenne.

INERD

Au cours des cinq dernières années, le département s'est investi dans différentes recherches relatives aux constructions parasismiques.

C'est ainsi qu'en collaboration avec Arcelor/Mital, nous travaillons à la mise au point d'un système constructif à utilisation dans la cadre du béton armé et qui permet de limiter les risques d'effondrement au cas où un point faible inattendu viendrait à se déclarer, poursuit le chercheur. Pour cela, nous avons recherché toutes les erreurs possibles si le constructeur ne respectait pas toutes les règles prévues dans les codes de calcul (sous-estimation de l'intensité du séisme, béton livré de moins bonne qualité que prévue, modifications des aménagements intérieurs du bâtiment, etc.) et développé une recherche consistant à créer des systèmes mixtes béton/acier « renforcés » dans les zones critiques. Cette recherche, baptisée INERD (Innovative Earthquake Resistant Design), a nécessité la construction d'une partie de bâtiment dans notre labo avant de passer à la modélisation numérique des systèmes mixtes.

Nous étudions également la tenue des rayonnages de stockage en cas de séisme, c'est-à-dire que nous voulons savoir comment se comportent des installations de stockage lorsque du poids est réparti de manière très aléatoire sur des structures légères et flexibles poursuit Hervé Degée. Nous avons également

en cours une étude sur l'évaluation des codes de calcul pour les charpentes métalliques, dit-il encore, l'idée étant que dans un dimensionnement parasismique, il faut permettre au bâtiment de se déformer (même au-delà de ce qui est normalement admissible) sans définitivement casser et ainsi aux occupants de s'échapper.

La maçonnerie

Mais notre chercheur peut difficilement cacher son enthousiasme pour un projet actuellement en cours et pour lequel le département s'investit énormément : le comportement de bâtiments en maçonnerie lors d'un séisme.

Il faut savoir que l'ingénierie parasismique existe depuis les années 60 de manière formalisée mais s'est orientée principalement vers la construction métallique et en béton armé, matériaux classiques des ingénieurs, la maçonnerie (c'est-à-dire la terre cuite, les blocs de béton, les blocs de béton cellulaire, voire la pierre naturelle) étant négligée parce qu'elle n'était

utilisée que pour la construction de maisons particulières traditionnellement sous la responsabilité quasi-exclusive des architectes. Or les choses ont évolué : les producteurs ont amélioré la qualité de leurs produits au point qu'aujourd'hui ceux-ci sont devenus très fiables dans les conditions normales d'utilisation. C'est ainsi que l'on construit à présent des bâtiments de 4 à 5 étages en maçonnerie portante là où il y a peu on faisait encore appel au béton armé. Par contre, poursuit Hervé Degée, personne ne sait vraiment aujourd'hui comment se comportent de tels bâtiments en cas de séisme et ce domaine est devenu un champ de recherche important à l'échelle européenne (les maisons individuelles au Japon et en Amérique restent généralement construites en bois).

Le laboratoire travaille actuellement sur des évaluations de bâtiments existants et a déjà publié quelques conclusions dans un document à l'usage des architectes. Des expériences sont réalisées en laboratoire à Liège pour étudier le comportement de murs et, dans quelques mois, après une première expérience du genre il y a quelques années, en collaboration avec le Portugal, les chercheurs vont secouer... deux petites maisons.

Depuis quatre ans il existe dans notre pays le BeSeiG (pour Belgian Seismic Group), un groupe de contact reconnu au sein du F.R.S.-FNRS qui rassemble des chercheurs et des représentants du monde industriel intéressés par la problématique sismique. C'est ainsi que l'on y retrouve notamment des spécialistes de l'Observatoire royal de Belgique, du Service d'architecture de l'Université de Mons et du département ArGenCo de l'Université de Liège

Enfin, Hervé Degée précise encore que le laboratoire de l'ULg est unique en Belgique, qu'il publie des brochures techniques qui connaissent une large diffusion, qu'il développe des activités en formation d'entreprises, en organisation de colloques et séminaires ainsi que des prestations d'expertise vis-à-vis de bureaux d'étude qui ne sont pas forcément compétents dans le domaine du parasismique.

Paul Devuyt

Avant, pendant et après les essais sur table vibrante au Portugal



TROIS SÉISMES MAJEURS EN 10 MOIS

- Dans la nuit du 6 avril 2009 un séisme de magnitude 6,3 sur l'échelle de Richter dévastait la petite ville de L'Aquila (dans les Abruzzes, Italie), laissant 309 morts et près de 65.000 personnes sans abri.
- Le 12 janvier 2010 un tremblement de terre d'une magnitude de 7,3 sur l'échelle de Richter frappait Port au Prince (Haïti) laissant 230.000 morts, 300.000 blessés et 1,2 million de sans abris.
- Le 27 février dernier un séisme de magnitude 8,8 sur l'échelle de Richter ravageait les villes de Santiago et Concepcion (Chili) faisant 560 victimes, 500.000 logements étant considérés comme inhabitables.

Sans surprise, les constructions anciennes et vétustes ont été les plus endommagées mais plutôt étonnante est la constatation que deux immeubles voisins, relativement récents et très similaires pouvaient présenter d'importants dégâts pour l'un et, pour l'autre, quasiment aucun. « Cette différence provient vraisemblablement d'une mauvaise mise en œuvre des techniques de construction parasismique », précise Hervé Degée.



Hervé Degée,
ArGenCo, ULg
h.degee@ulg.ac.be

« TOUT CE QUE
L'ON AVANCE DOIT
DONC SE VOIR
SYSTÉMATIQUEMENT
DOCUMENTÉ ET
PROUVÉ. »

Une micropaléontologue belge fait reculer l'âge des plus anciens fossiles!

Pour la première fois au monde, une équipe de trois scientifiques, dont une Belge, a réussi à remonter le temps, en apportant la preuve d'une très ancienne trace de la vie sur Terre, en l'occurrence des microorganismes, il y a 3,2 milliards d'années ! Une découverte majeure, car le caractère non ambigu des fossiles, de même que leur taille et, bien entendu, leur âge, permettent d'affirmer qu'il s'agit bien là d'une avancée incontestable dans la compréhension des modes d'évolution de la vie sur la Planète bleue.

S'il est un domaine soumis à vive controverse, c'est bien celui de la détermination de l'apparition de la vie sur Terre. Selon les estimations communément admises, la vie serait vraisemblablement apparue entre 3,8 milliards d'années - après le dernier grand bombardement météoritique - et 3,5 milliards d'années, la communauté scientifique s'accordant à faire remonter les premières preuves incontestables de vie terrestre à 2,7 milliards d'années. Au-delà, c'est la foire d'empoigne !

Depuis l'entame de sa carrière, Emmanuelle Javaux, biologiste et géologue spécialisée en micropaléontologie, s'est intéressée aux premières formes de vie, en portant résolument son regard sur le Précambrien, une période s'étalant entre

4,6 milliards et 540 millions d'années (voir encadré) et qui est bien moins « prospectée » par les paléontologues et les géologues que les 500 derniers millions d'années. Plus précisément, elle cherche à comprendre quand et comment les bactéries, les archées et particulièrement les eucaryotes (voir encadré) - les trois domaines de la vie - sont apparus et ont évolué sur Terre au Précambrien. Emmanuelle Javaux occupe par ailleurs la présidence du département de géologie de l'université de Liège et préside le groupe de contact Astrobiologie du F.R.S.- FNRS, qu'elle a d'ailleurs concouru à fonder avec Véronique Dehant, de l'Observatoire Royal de Belgique. Elle participe en outre à plusieurs projets de recherche financés par le F.R.S.- FNRS, dont le dernier en date couvre la période 2009-2013⁽¹⁾.

Des preuves incontestables

Pour l'étude des fossiles, Emmanuelle Javaux et ses deux collègues, le spectroscopiste Craig P. Marshall, de l'université du Kansas (USA), et Andrey Bekker, géologue et géochimiste de l'université du Manitoba (Canada), se sont heurtés à une triple difficulté. Tout d'abord, l'effa-

cement de la plupart des caractères de biologie moléculaire et cellulaire, qui ne survivent pas à la fossilisation et ne sont donc pas exploitables par les paléontologues. L'autre difficulté majeure à laquelle ils ont dû faire face est l'effacement des traces biologiques et géologiques par les processus géologiques, tels que la diagenèse, la tectonique ou encore le métamorphisme, à savoir l'altération due aux fortes pressions et températures consécutives à l'enfouissement de sédiments ou aux déformations de la croûte terrestre. Le dernier problème auquel ils furent confrontés - et qui explique partiellement pourquoi il leur a fallu trois ans avant de s'autoriser à publier - est... le scepticisme critique de leurs collègues. « C'est effectivement un domaine de recherche extrêmement sensible, reconnaît la géologue liégeoise. Dans tout ce que l'on produit, la prudence est de mise, car beaucoup de recherches sont remises en question, voire rejetées par la communauté scientifique. Tout ce que l'on avance doit donc se voir systématiquement documenté et prouvé. » D'autres chercheurs, avant eux, ont en effet également affirmé avoir trouvé des formes de vie primitives antérieures à 2,7 milliards d'années, mais ces résultats

Emmanuelle Javaux



ont été largement soumis à caution et restent controversés. C'est donc bien le caractère incontestable de la découverte de cette équipe internationale et multidisciplinaire, « en tout cas au vu de l'état de nos connaissances actuelles », précise Emmanuelle Javaux, dont les résultats viennent de paraître dans la revue *Nature*⁽²⁾, qui en fait toute la force.

Un choix judicieux à double titre

C'est aussi peut-être à son flair qu'Emmanuelle Javaux doit sa découverte. Ses roches de prédilection sont les shales et les siltstones à faible teneur en matière organique - des terrains plus jeunes du Protérozoïque (2.5 à 0.5 milliards d'années). Elle réussit à trouver, avec son collègue Andrey Bekker, des roches semblables dans le Groupe Moodies, à Barberton en Afrique du Sud. Avec Pilbarra, situé à l'ouest de l'Australie, c'est effectivement dans cette région que l'on trouve les roches sédimentaires les mieux conservées, dont les plus anciens dépôts terrigènes alluviaux et côtiers, montrant en Afrique du Sud une influence des marées. Ces microfossiles de plus de 3 milliards d'années ont une paroi organique de couleur noire, à la suite du métamorphisme qu'a subi la roche qui les contenait. Le choix de la chercheuse s'est avéré doublement judicieux, car ces roches siliciclastiques sont, en outre, traditionnellement moins étudiées par la plupart des spécialistes de l'Archéen (entre 4 et 2.6 milliards d'années), qui travaillent davantage sur les roches calcaires ou les cherts (silex)... De retour dans son laboratoire, elle soumit ses échantillons à une kyrielle d'examen. Après avoir caractérisé l'environnement des cellules fossilisées (aussi bien la géologie de terrain que les analyses pétrographiques) et plongé les roches dans un bain d'acide pour en extraire la matière organique, la première tâche consista à prouver non seulement... qu'il s'agissait bien de structures organiques mais aussi que ces matières organiques avaient une maturité identique aux roches dont elles avaient été extraites.

Elle se rendit ensuite à Sydney, Australie, où travaillait à l'époque son collègue Craig Mashall, afin d'écartier toute possibilité de contamination grâce à la microspectroscopie Raman⁽³⁾. Les analyses du fractionnement isotopique du carbone réalisées au Canada par Andrey Bekker ont révélé des valeurs compatibles avec une origine biologique. « A ce stade, explique Emmanuelle Javaux, nous savions que nous étions en présence de structures carbonées vieilles de 3,2 milliards d'années, mais il fallait encore prouver à coup sûr qu'il s'agissait de cellules fossiles ! ». Des analyses microscopiques pointues, réalisées à Liège notamment à

la plateforme technologique de l'ULg, ont permis d'identifier des plis, visibles sur la paroi organique de ces microfossiles. Ces plis découlent de la dégradation et compaction des cellules originelles après leur mort et leur préservation dans les sédiments fins. La microscopie a permis aussi d'imager l'ultrastructure de la paroi démontrant ainsi qu'il s'agissait bien de cellules fossiles aplaties. « L'hypothèse d'une origine abiotique a pu être écartée sans que persiste le moindre doute, en tout cas au vu de nos connaissances actuelles, s'enthousiasme Emmanuelle Javaux, l'endogénéité, la syngénéité et la biogénéité de ces microfossiles étant avérées par un ensemble d'analyses pétrographiques, géochimiques, par leur composition organique, leur morphologie et ultrastructure cellulaire, leur taphonomie, le contexte géologique, et le manque d'explications non-biologiques. »

De l'intérêt de la recherche fondamentale

En conclusion, tant l'âge - incontestable - de ces microfossiles que leur taille - certain d'entre eux ayant un diamètre de 300 microns ! - que leur remarquable état de conservation, en font réellement une découverte majeure. Qui, en l'état actuel de la recherche, démontre l'évolution d'un écosystème côtier relativement diversifié à l'Archéen, mais pourrait également suggérer qu'une certaine complexité biologique aurait pu apparaître beaucoup plus tôt qu'on ne le pensait. Mais si Emmanuelle Javaux se refuse à endosser l'exclusivité de cette découverte,

puisque'elle n'a pu en assurer le caractère incontestable qu'avec le concours de ses deux collègues, et à qualifier sa découverte de « première mondiale », il n'en reste pas moins qu'il s'agit bien d'une avancée très importante pour la compréhension des modes d'apparition et de développement de la vie sur Terre. Une avancée qui ne fut en effet possible que grâce à une démarche multidisciplinaire et à l'utilisation de divers moyens d'exploration, tels que le microscope électronique à balayage, le microscope électronique à transmission, la microspectroscopie Raman, le fractionnement isotopique du carbone, qui permet d'obtenir des valeurs compatibles avec la vie, etc. Cette découverte démontre aussi toute l'importance de la recherche fondamentale, dont découle - on l'oublie trop souvent - des applications bien concrètes. « C'est ce qui permet réellement de faire avancer les connaissances sur le long terme et, dans notre domaine spécifique, de mieux comprendre notre univers », conclut Emmanuelle Javaux, dont certains aspects de la recherche seront directement utilisés dans la mission ExoMars de l'ESA en 2018 ! Les résultats de ses dernières recherches ainsi que les techniques utilisées (comme la microscopie Raman) pourront en effet y faciliter la détection de traces de vie. Or, l'on sait déjà que les roches siliciclastiques, dans lesquelles l'on peut trouver des traces de vie très anciennes, sont présentes en grand nombre sur Mars...

Frédéric Moser



(1) Ce projet porte précisément sur la « Fossilisation des cyanobactéries : approches phylogénétique, micropaléontologique et sédimentologique, et implications pour l'évolution de la biosphère primitive ».

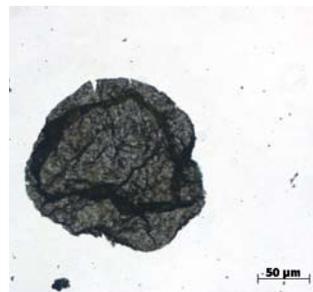
(2) Organic-walled microfossils in 3.2-billion-year-old shallow-marine siliciclastic deposits", article publié dans *Nature*, 463, 934-938, février 2010. <http://dx.doi.org/10.1038/nature08793>

(3) La microscopie Raman est une méthode non-destructive qui permet de caractériser la structure et la composition moléculaire d'un matériau.

Plus d'infos :

- www.astrobio.oma.be
- www2.ulg.ac.be/geolsed/geologie/
- www.astro.ulg.ac.be/Rech/AEOS/ABIO/index.html
- www.ulg.ac.be/presse/eld/javaux270104.shtml (les nouvelles en ligne" de l'ULg: «De l'eau sur Mars»)

 **Emmanuel Javaux,**
Département Géologie - PPM
ej.javaux@ulg.ac.be



QUELQUES REPÈRES

Il y a 4,56 milliards d'années, apparaissent au sein du système solaire les premières planètes telluriques, dont la Terre, Mercure, Venus et Mars. La vie quant à elle est apparue au Précambrien, qui comprend trois périodes distinctes : l'Hadéen (4,56 à 4 milliards d'années), l'Archéen au cours de laquelle apparaissent les premières formes de vie (de 4 à 2,5 milliards) et enfin le Protérozoïque (de 2,5 milliards à 544 millions d'années), lui-même subdivisé en Paléo-, Méso- et Néoproterozoïque. L'oxygène est, quant à lui, apparu sur la Terre il y a environ 2,5 milliards d'années avec l'apparition de cyanobactéries qui font de la photosynthèse et rejettent de l'oxygène. Par leur métabolisme, elles vont profondément modifier la planète et favoriser l'évolution d'organismes vivants plus complexes (eucaryotes). Les premières manifestations de vie terrestre

précisément, qui ne soient pas soumises à controverses, remontent à 2,7 milliards d'années. Les colonisateurs primaires de la Terre étaient les bactéries et les archées, que l'on nomme les procaryotes car elles ne disposent pas de noyau, les eucaryotes, ces organismes uni- ou multicellulaires disposant, eux, d'un noyau, d'un cytosquelette et d'organites, et apparaissant il y a au moins 1,9 milliards d'années (ou, de façon controversée, depuis 2,7 milliards d'années). Quant à la nature exacte des vésicules à paroi organique découvertes en Australie par Emmanuelle Javaux, il pourrait précisément s'agir soit de procaryotes, qui auraient disparu de la surface de la Terre, soit encore d'ancêtres d'un groupe actuel, qui pourrait être des cyanobactéries ou même, pourquoi pas, des eucaryotes...



22^{ème} édition du Télévie

22 ans de mobilisation continue des bénévoles du Télévie pour réunir un maximum d'argent destiné à la recherche contre le cancer. Cette année encore, ce sont 7.816.573 euros qui ont été remis au F.R.S.- FNRS, témoignant de la générosité et de l'engagement de la population belge et luxembourgeoise.



Le Télévie concerne l'essence même de la vie : la santé. Sans relâche depuis 1989, des milliers de personnes se dévouent à cette noble cause qui est de faire avancer la recherche pour enfin vaincre cette maladie pernicieuse qu'est le cancer.

Promouvoir une autre image de la recherche

Afin de promouvoir la recherche, il importe d'améliorer la compréhension par le grand public des progrès scientifiques et technologiques. Les chercheurs sont ainsi sollicités pour communiquer davantage à propos de leurs travaux. La télévision est l'un des médias les plus populaires et les plus porteurs pour ces messages. Le Télévie, vitrine magnifique et magique, a rendu possible ce qu'il y a quelques décennies encore aurait été impensable : faire se côtoyer, sur un plateau de télévision, des chercheurs, des chanteurs et le grand public. Depuis, les chercheurs ne sont plus considérés comme

des clones du « professeur Tournesol », mais comme des gens presque comme tout le monde, curieux et mobilisés. Et même s'il n'est pas toujours aisé d'expliquer en termes simples le sujet d'une recherche, les chercheurs d'aujourd'hui ont bien compris l'importance de communiquer simplement tant au grand public qu'au monde politique.

2010... une année de « mise en commun »

Le Télévie 2010 et ses 7.816.573 euros permettent de financer 91 projets de recherche fondamentale consacrés à la thématique du cancer. Cette année, l'accent est mis sur l'importance de la mise en commun des connaissances ainsi que des infrastructures. 12 projets inter-universitaires ont été financés.

Parce que seulement 90% des petits patients atteints de leucémies lymphoblastiques aiguës sont en rémission, parce que les leucémies rares comme



1 mai 2011
rallye du Télévie
7 mai 2011
soirée du Télévie

**« LE TÉLÉVIE CE
SONT PRÈS DE 108
MILLIONS D'EUROS
RÉCOLTÉS ET 1461
PROJETS FINANCÉS »**



les leucémies lymphoblastiques aiguës résultant d'une prolifération non contrôlée des précurseurs de lymphocytes T, les tumeurs du cerveau, du pancréas et du poumon sont toujours considérés comme une cause majeure de décès, la commission d'évaluation du Télévie a octroyé des subsides aux projets s'attalant à investiguer ces thématiques.

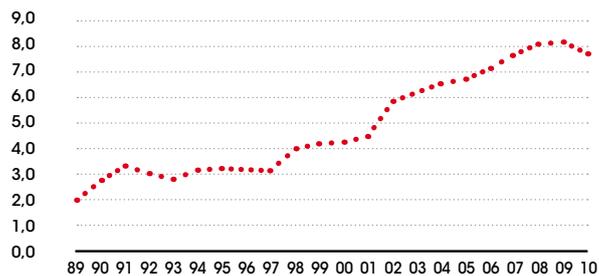
Le financement de projets traitant des cellules souches reste une priorité, vu leur potentiel curatif. Mais il existe aussi de mauvaises cellules souches, les cellules souches cancéreuses. L'existence de celles-ci expliquerait pourquoi il est si difficile de traiter certaines tumeurs. La recherche se veut pluridisciplinaire et la recherche contre le cancer n'échappe pas à cette règle. La commission d'évaluation l'a bien compris en finançant des projets alliant technologies de pointe et savoir faire. C'est grâce à la collaboration entre bioinformaticiens, mathématiciens, généticiens, biologistes moléculaires que

la maladie sera vaincue. Plus que jamais, le versant « psychologie » continue à être investigué. Le soutien des patients mais aussi la formation des soignants sont indispensables.

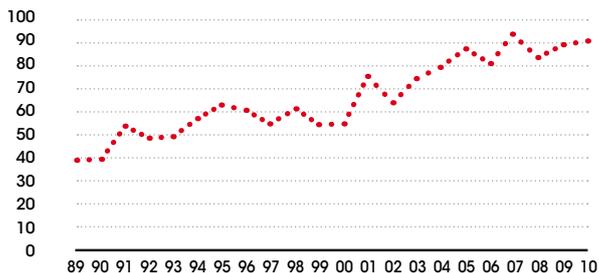
Une fois de plus, Télévie fait prendre conscience de l'importance de la recherche fondamentale.

Depuis 22 ans, le Télévie ce sont près de 108 millions d'euros récoltés et 1461 projets financés, des avancées en recherche biomédicale et beaucoup d'espoir pour tous les malades qui attendent un traitement. Merci à tous pour votre générosité !

Sommes récoltées en millions €



Nombre de projets financés





LA BIODIVERSITÉ, C'EST LA VIE. NOTRE VIE !

La biodiversité est l'ensemble de tous les animaux, plantes, champignons et autres formes de vie sur Terre. L'Être humain en fait aussi partie. La biodiversité nous offre nourriture, médicaments, air pur, eau de bonne qualité... tout ce qui est indispensable pour pouvoir vivre !

MAIS LA BIODIVERSITÉ EST EN PÉRIL...

Aujourd'hui, les espèces et leur environnement disparaissent à une vitesse alarmante. La vie, notre vie sur Terre est en danger mais il n'est pas trop tard pour la sauvegarder.

CHAQUE GESTE COMPTE !

Chacun peut agir pour la biodiversité en adoptant au quotidien des gestes simples et durables. Engagez-vous sans attendre : choisissez vos gestes sur www.jedonnevieamaplanete.be.