

LIRE ENTRE LES GÈNES

P. 18 VINGT ANS APRÈS
LE DÉCRYPTAGE DU GÉNOME
HUMAIN, QU'EN EST-IL DES
FANTASTIQUES ESPOIRS
SOULEVÉS PAR LA GÉNÉTIQUE
DANS LE DOMAINE DE LA
MÉDECINE, DE L'HÉRÉDITÉ OU
DE LA SCIENCE FORENSIQUE?



LE MAGAZINE
SCIENTIFIQUE
DE L'UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

N°128
MARS 2017

CAMPUS

L'INVITÉ
DE L'ART DE
LA PARANOÏA
CONSTRUCTIVE
PAGE 36

EXTRA-MUROS
CES PETITES
BÊTES QUI NOUS
POURRISSENT LA VIE
PAGE 40

TÊTE CHERCHEUSE
CHARLES BAUDOIN,
L'HOMME SANS
FRONTIÈRES
PAGE 44



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

Et pourquoi pas à vélo?



www.unige.ch/velo



A vélo à l'UNI



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

04 ACTUS

RECHERCHE

**10 EXOPLANÈTES
LES ASTRONOMES
FONT MOUSSER
TRAPPIST-1**



Sept planètes de type terrestre ont été découvertes autour d'une étoile située dans le voisinage du Soleil. Elles offrent la possibilité, pour la première fois, d'étudier leur éventuelle atmosphère et, pourquoi pas, de détecter des traces de vie.

13 SOCIÉTÉ

**LES «SCHENGEN BOYS»
ET LE NOUVEL ORDRE
SÉCURITAIRE**



Le fonctionnement de la sécurité nationale est calqué sur le modèle européen. C'est ce que démontre une étude qui plonge pour la première fois au cœur de cet univers traditionnellement secret.

16 CHIMIE

**UNE LIAISON
QUI SENT LE SOUFRE**

En exploitant une particularité peu connue de l'atome du soufre, des chercheurs genevois ont réussi à mettre en œuvre une liaison chimique peu commune et à l'utiliser avec succès comme catalyseur.



DOSSIER: LIRE ENTRE LES GÈNES



18 DU GÈNE DE LA TROMPE ET AUTRES FANTASMES

Le génome humain – comme celui de tous les êtres vivants – a mis des centaines de millions d'années avant de parvenir à son état actuel. Il ne fallait pas s'attendre à ce que son fonctionnement soit d'une simplicité confondante. Denis Duboule explique pourquoi il va falloir patienter encore un peu pour voir se réaliser les espoirs que le décryptage du génome humain a éveillés.

26 L'ÉNORME POTENTIAL DU GÉNOME MÉDICAL

Une clinique du génome a ouvert ses portes il y a deux ans au sein du Service de médecine génétique des Hôpitaux universitaires de Genève. Destinée à faire bénéficier la population des avancées en matière de médecine génétique, elle séquence l'ADN de patients soupçonnés de souffrir de maladies rares et parvient à poser un diagnostic pour 40 % d'entre eux.



30 L'ADN, UN FIL À REMONTER LE TEMPS

Si la génétique est encore loin de permettre à un individu de retrouver ses origines, elle a donné un sacré coup de pouce aux anthropologues en précisant considérablement l'histoire du peuplement de la planète.

33 À LA RECHERCHE DE LA PREUVE INFINITÉSIMALE

Meurtres, agressions sexuelles, vols avec effraction, identification de dépouille: l'ADN est devenu un auxiliaire incontournable de la justice. Explications avec Vincent Castella, responsable de l'Unité de génétique forensique du Centre universitaire romand de médecine légale, une Unité qui traite plus de 20000 échantillons chaque année.

PHOTO DE COUVERTURE: FOTOLIA

RENDEZ-VOUS



36 L'INVITÉ DE L'ART DE LA PARANOÏA CONSTRUCTIVE

Le géographe américain Jared Diamond était invité cet automne à l'Université de Genève pour témoigner de ce que les sociétés traditionnelles peuvent nous enseigner.



40 EXTRA-MUROS CES PETITES BÊTES QUINOUS POURRISSENT LA VIE

Robert Waterhouse a dispensé cet hiver en Afrique du Sud une formation destinée à déchiffrer, corriger et exploiter les génomes d'insectes. Le tout dans un contexte brûlant d'émeutes estudiantines.



44 TÊTE CHERCHEUSE CHARLES BAUDOIN, L'HOMME SANS FRONTIÈRES

Formé à la méthode Coué, le psychologue a introduit à Genève les techniques d'autosuggestion tout en cultivant son attachement aux idéaux européens et à la littérature.

46 À LIRE 48 THÈSES DE DOCTORAT

SCIENCES DE LA TERRE

L'ÉRUPTION DU SAMALAS ÉTAIT MOINS DESTRUCTRICE QUE PRÉVU

ALEXANDER KEESE LAURÉAT DU PRIX LATSIS NATIONAL



Le prix Latsis national 2016, d'un montant de 100 000 francs, a été attribué à Alexander Keese, professeur boursier au Département d'histoire générale (Faculté des lettres), pour ses recherches sur les transitions politiques en Afrique occidentale et centrale, sur l'ethnicité et sur le travail forcé. Les travaux du chercheur se concentrent principalement sur l'histoire comparée des décolonisations en Afrique occidentale et centrale, le travail forcé et les mobilisations ethniques dans le cadre des conflits.

QUATRE CHERCHEURS RÉCOMPENSÉS PAR LA FONDATION GERTRUDE VON MEISSNER

La Fondation Gertrude Von Meissner vise à soutenir des travaux scientifiques sur les maladies touchant les enfants. Elle a remis ses prix de recherche 2016 à Dominique Soldati-Favre, Vincent Jaquet (professeure et maître d'enseignement et de recherche au Département de microbiologie et médecine moléculaire), Serge Grazioli (chercheur au Département d'anesthésiologie, pharmacologie et soins intensifs) et Ulrike Rimmele (chercheuse au Département des neurosciences fondamentales). Les lauréats ont été récompensés pour des projets scientifiques dans le domaine de la prévention et du traitement des handicaps et des maladies chez les enfants et les adolescents.

La plus grosse éruption volcanique observée au cours du dernier millénaire, celle du volcan Samalas en Indonésie (image ci-contre) en 1257, ne serait pas nécessairement à l'origine de la crise socio-économique mondiale qui s'en est suivie, comme le pensaient les scientifiques jusqu'à aujourd'hui. C'est ce qui ressort d'une étude publiée le 23 janvier dans la revue *Nature Geoscience* par une équipe menée par Sébastien Guillet et Markus Stoffel, respectivement collaborateur scientifique et professeur assistant à la Section des sciences de la Terre et de l'environnement (Faculté des sciences).

Cette éruption, qui a injecté une quantité de sulfures considérable dans l'atmosphère, est souvent invoquée pour expliquer le refroidissement du climat les années suivantes ainsi que les famines et les bouleversements économiques et sociaux importants observés au milieu du XIII^e siècle. Selon les auteurs, l'analyse de plus de 200 manuscrits médiévaux et la reconstruction des anomalies climatiques à partir des cernes de croissance des arbres et des carottes de glace ne permettent pas de conclure que l'éruption soit, à elle seule, à l'origine des crises en question. Les documents historiques révèlent bien un obscurcissement du soleil, des températures froides, des pluies incessantes et une nébulosité accrue en Europe en 1258, ainsi que des moissons catastrophiques et des vendanges très tardives. Mais



ils montrent aussi un retour à un climat plus clément dès 1259 et à une situation normale dans les quatre années suivant l'éruption, ce qui contredit les simulations suggérant des anomalies de températures persistantes jusqu'en 1264. Les scientifiques mettent également en évidence que le refroidissement induit par l'éruption du Samalas est comparable à celui engendré par des événements ultérieurs de magnitude inférieure. Ils démontrent ainsi que le refroidissement n'est pas proportionnel à la quantité de sulfures injectés dans l'atmosphère.

Par ailleurs, selon les chercheurs, les événements météorologiques extrêmes consécutifs à la catastrophe naturelle n'auraient joué qu'un rôle aggravant sur les crises du XIII^e siècle. De nombreux textes historiques révèlent en effet que les famines en Angleterre et au Japon avaient commencé plusieurs années avant l'éruption.

ÉCONOMIE

FAUTE DE LOGEMENTS, GENÈVE PERD 700 MILLIONS PAR AN

Près de 700 millions de francs par an, soit environ 1% du produit intérieur brut. Voilà ce que «perd» le canton de Genève, faute de pouvoir loger ses travailleurs. Ce chiffre émane d'une étude réalisée sous la direction de Giovanni Ferro-Luzzi, professeur à la Faculté d'économie et de management de l'UNIGE et à la Haute école de gestion, pour le compte de la Chambre de commerce et d'industrie et de l'État de Genève.

Dans le canton du bout du lac, un tiers des actifs n'habite pas sur le territoire. Ce bataillon de travailleurs (près de 100 000 personnes) dépense une bonne partie de son argent hors des frontières cantonales. L'étude s'est donné pour but de calculer ce manque à gagner. Un sondage a

été réalisé en France voisine et dans le district de Nyon auprès des personnes récemment installées dans ces régions. Près de 40% d'entre elles seraient tentées de venir s'installer à Genève. Pour autant, toutefois, qu'elles trouvent à se loger dans des conditions similaires et que le coût de la vie n'y soit pas plus élevé.

Si ces personnes revenaient habiter dans le canton, elles y dépenseraient pour environ 400 millions de francs dans les commerces. Compte tenu des effets multiplicateurs de ces dépenses, le gain pour l'économie genevoise se monterait à 700 millions de francs.

MÉDECINE

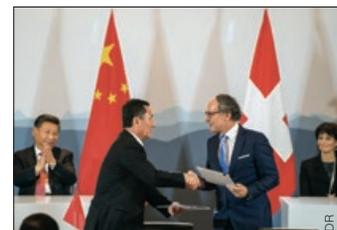
ACCÉLÉRATION DU TRI DES NANOPARTICULES MÉDICALES

La nanoparticule médicale idéale se doit de ne pas être toxique, de ne pas être totalement ingérée par les macrophages humains (globules blancs) afin de conserver son pouvoir d'action, et de limiter l'activation du système immunitaire pour ne pas induire d'effets indésirables. Jusqu'à présent, le processus permettant de vérifier ces trois conditions prenait plusieurs mois et posait des problèmes de reproductibilité. Une équipe dirigée par Carole Bourquin, professeure aux Facultés de médecine et des sciences, a réussi à remédier à cet obstacle en développant un test fiable qui ne prend que deux ou trois jours. Le procédé, utilisant la cytométrie en flux, a été publié le 2 février dans la revue *Nanoscale*.

Les nanoparticules, des éléments de la taille d'un virus développés en laboratoire, sont de plus en plus utilisées dans le monde biomédical. Cette technologie en plein essor porte l'espoir d'applications diverses, tant dans le domaine du diagnostic que dans une optique thérapeutique, notamment en oncologie.

Cette découverte permet donc d'envisager un développement plus rapide, plus sûr et moins coûteux, de nanotechnologies appliquées à la médecine.

L'ACCORD ENTRE L'UNIGE ET L'UNIVERSITÉ TSINGHUA A ÉTÉ RATIFIÉ



L'Université de Genève s'est associée à celle de Tsinghua à Pékin, considérée comme la meilleure de Chine selon le classement de Shanghai, afin de proposer un Master dans le domaine du développement durable. À cette fin, un accord global entre les deux institutions a été ratifié le 16 janvier par Yves Flückiger, recteur de l'UNIGE, et Geng Wenbing, ambassadeur de la République populaire de Chine. Les signatures ont été apposées en présence du président chinois, Xi Jinping, et de la présidente de la Confédération suisse, Doris Leuthard. Lancé en septembre 2017, ce nouveau Master proposera aux étudiants de travailler par équipe à la résolution de problèmes concrets auxquels sont confrontés les organisations intergouvernementales, les États et les organisations non gouvernementales. Les projets les plus prometteurs seront soutenus par un programme « accélérateur », facilitant la création de start-up.

SCIENCES DE LA TERRE

MODÉLISER LE MAGMA POUR TROUVER DU CUIVRE



La taille des gisements de cuivre, malgré des processus de formation très similaires, peut varier de plusieurs ordres de grandeur d'un site à l'autre sans que l'on ait été capable jusqu'ici d'en identifier la raison principale. La réponse à cette énigme se trouve probablement dans le volume de magma qui s'est retrouvé, il y a des millions d'années, à l'intérieur de la croûte terrestre au-dessus des zones de subduction et qui est à l'origine de 70 % des gisements de cuivre. C'est en tout cas ce que suggèrent les résultats d'une étude menée par l'équipe de Luca Caricchi, professeur assistant à la Section des sciences de la Terre, et parue le 12 janvier dans la revue *Scientific Reports*.

Les magmas formés au-dessus des zones de subduction contiennent d'importantes quantités d'eau qui sont en grande partie dégazées lors des éruptions volcaniques ou lorsque le magma

refroidit et se solidifie lentement en profondeur. En se libérant du magma encore partiellement liquide à plusieurs kilomètres sous la surface, cette eau emporte avec elle le cuivre initialement dissous dans le magma. Se frayant un chemin vers la surface, le fluide refroidit et dépose le cuivre dans les roches, au point de parfois former des gisements métallifères géants, tels que ceux qui sont exploités dans la Cordillère des Andes (mine d'Escondida au Chili, ci-contre). En modélisant ce processus de dégazage des magmas, les scientifiques sont parvenus à reproduire la composition chimique des fluides à partir desquels se forment les gisements de cuivre. En comparant le modèle avec les données disponibles sur des gisements de cuivre connus, les chercheurs ont pu établir un lien entre les durées de mise en place et de dégazage du magma dans la croûte, les volumes de magma et la taille des gisements.

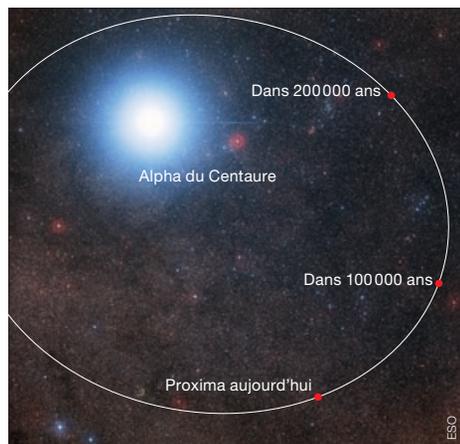
Les scientifiques proposent également une nouvelle méthode basée sur la géochronologie de haute précision pour estimer la taille des gisements. Les prospecteurs pourront ainsi identifier les gisements les plus prometteurs bien plus tôt qu'aujourd'hui dans le long et coûteux processus d'exploration.

HORIZON 2020: PLEINE ASSOCIATION DE LA SUISSE POUR 2017-2020

Le protocole concernant l'extension de l'accord sur la libre circulation des personnes à la Croatie ayant été ratifié en décembre, la Suisse est intégralement associée à Horizon 2020 dès le 1^{er} janvier 2017, c'est-à-dire pour les quatre années restantes (de 2017 à 2020) du programme européen pour la recherche et le développement.

ASTROPHYSIQUE

UN LIEN GRAVIFIQUE UNIT ALPHA ET PROXIMA DU CENTAURE



On s'en doutait un peu depuis au moins un siècle. Mais un article à paraître dans la revue *Astronomy & Astrophysics* vient de le confirmer, preuves à l'appui: nos plus proches voisins stellaires, Alpha du Centaure et Proxima, ont une liaison. Et elle promet de durer. L'étude, à laquelle a participé Christophe Lovis, maître d'enseignement et de recherche au Département d'astronomie (Faculté des sciences), montre en effet que les deux astres sont gravitationnellement attachés l'un à l'autre. Ils se tournent autour selon une orbite assez excentrée et dont la période vaut 550 000 ans.

Alpha du Centaure et Proxima sont les étoiles les plus proches du Soleil à respectivement 4,37 et 4,24 années-lumière, soit à un peu plus de 40 000 milliards de kilomètres. La première est en réalité un système double composé de deux étoiles similaires au Soleil. La seconde est une naine rouge de très faible masse (un

huitième de celle du Soleil) autour de laquelle des astronomes ont annoncé le 24 août dernier la présence d'une planète tellurique évoluant dans la zone habitable.

Depuis la découverte de Proxima en 1915 par l'astronome écossais Robert Innes, sa proximité avec le système d'Alpha du Centaure a conduit les scientifiques à soupçonner un lien gravitationnel entre les deux. Il manquait cependant une mesure précise de la vitesse relative des deux objets, la seule grandeur permettant d'affirmer si leur destin est de s'éloigner à jamais ou de rester unis.

Les auteurs de l'article sont parvenus à obtenir cette donnée grâce au spectrographe HARPS, un appareil de fabrication genevoise et installé sur le télescope de 3,6 mètres de La Silla au Chili. La vitesse de Proxima par rapport à Alpha du Centaure a ainsi été mesurée à 309 mètres par seconde. Cette valeur étant inférieure à la vitesse de libération de la naine rouge (545 m/s), les deux astres sont donc bien liés par la gravité.

Ce fait implique très probablement qu'Alpha du Centaure et Proxima se sont formés en même temps. L'âge du système double, connu et estimé entre 5 et 7 milliards d'années, fournit donc celui de la naine rouge (une donnée difficile à obtenir directement à cause du fait que de tels astres n'évoluent presque pas) et de Proxima b qui s'avère ainsi plus âgée que la Terre (qui n'a « que » 4,6 milliards d'années). Potentiellement habitable, cette planète représente d'ailleurs la cible prioritaire de la future sonde interstellaire *Breakthrough Starshot*, présentée en avril 2016.

PHYSIQUE

DES ATOMES FILMÉS PAR UN LASER FEMTOSECONDE

Une équipe de physiciens, dont fait partie Jean-Pierre Wolf, professeur à la Section de physique (Faculté des sciences), a mis au point une technique d'observation ultra-précise au laser qui permet de suivre les mouvements de molécules venant de subir une perturbation et cherchant à atteindre un nouvel état stable. Cette recherche, publiée dans la revue *Science* du 5 janvier, a permis de créer des petits films décrivant des phénomènes qui ne durent en réalité que quelques milliardièmes de milliardième de seconde.

Cette prouesse a été rendue possible grâce à la conception d'une nouvelle source laser

permettant d'atteindre une gamme d'énergie inédite, appelée « fenêtre de l'eau ». En utilisant celle-ci, il est en effet possible de mesurer, à travers l'eau liquide, des atomes tels que l'oxygène ou le carbone dans des molécules organiques. Les chercheurs ont appliqué leur dispositif à une molécule de CF_4 à laquelle un électron a été arraché et qui a été contraint de lâcher un atome de fluor pour se stabiliser sous la forme d'une molécule de CF_3 .

MICHEL MAYOR ET DIDIER QUELOZ REMPORTE LE PRIX WOLF EN PHYSIQUE



Michel Mayor (à droite) et Didier Queloz (à gauche), respectivement professeur honoraire et professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences), se partagent le prix Wolf de physique 2017. Cette distinction, considérée comme l'une des plus prestigieuses après le prix Nobel de physique, leur est attribuée pour leur découverte en 1995 de la première planète extrasolaire, 51Peg b.

MARA TIGNINO PRIMÉE LORS DU WORLD WATER CHALLENGE 2016

Chargée de cours au Département de droit international public et organisation internationale (Faculté de droit) et coordinatrice de la Plateforme pour le droit international de l'eau douce, Mara Tignino s'est vu décerner un prix pour sa présentation « Sustainability in the Management of Transboundary Water Resources » lors de la compétition World Water Challenge 2016, qui s'est tenue en octobre en Corée.

ANDREAS MÜLLER ET MICHELE MAGGIORE RÉCOMPENSÉS POUR LE PROGRAMME ATHÉNA

Andreas Müller et Michele Maggiore, professeurs à la Section de physique (Faculté des sciences), à l'origine de l'initiative du programme d'études anticipée Athéna, ont obtenu le « Crédit Suisse Award for Best Teaching ». Le programme Athéna, lancé en 2015, vise à améliorer la transition entre école secondaire et université tout en encourageant les jeunes, notamment de sexe féminin, à se lancer sur la voie des mathématiques ou de la physique.

NEUROSCIENCES

LES ALGUES TRANSFORMENT L'EXCÈS DE LUMIÈRE EN CHALEUR

Les plantes dépendent de la lumière du soleil pour vivre, mais elles doivent aussi pouvoir s'en protéger. Un article paru dans la revue *Proceedings of the National Academy of Sciences* du 6 décembre dévoile un mécanisme qui permet à l'algue unicellulaire mobile *Chlamydomonas reinhardtii* de dissiper sous forme de chaleur un excès d'énergie et de mettre ainsi sa machinerie photosynthétique à l'abri d'un rayonnement trop important.

L'étude, menée par Michel Goldschmidt-Clermont et Roman Ulm, professeurs au Département de botanique et biologie végétale (Faculté des sciences), montre que le dispositif moléculaire est déclenché à la suite de l'activation d'un photorécepteur appelé UVR8. C'est ce dernier qui permet aux plantes de détecter la présence d'ultraviolets B, la composante de la lumière du soleil – non filtrée par l'atmosphère – qui leur cause le plus de dégâts tout en étant indispensable à leur développement et à leur survie.

La fonction photoréceptrice d'UVR8 a été découverte par l'équipe de Roman Ulm en 2011. Lorsqu'elle est activée par un rayonnement UV-B, cette molécule déclenche une série de cascades de réactions biomoléculaires. L'une d'elles, identifiée récemment, débouche sur la mise en place d'un système d'acclimatation qui



passé notamment par une production élevée de flavonoïdes, des substances que la plante utilise à la fois comme une sorte de « crème solaire » contre le rayonnement ultraviolet et comme antioxydant.

L'autre cascade de réactions, révélée dans la présente étude, vise cette fois-ci à trouver une parade à un excès d'énergie lumineuse et qui peut lui aussi endommager les rouages sensibles de la photosynthèse affectant la croissance et la productivité de l'organisme en question. Dans le cas présent, l'activation d'UVR8 entraîne la production de protéines qui sont intégrées à l'appareil photosynthétique, au sein des chloroplastes. À l'endroit même où le rayonnement du soleil est absorbé et converti en énergie chimique sous forme de sucres, ces molécules permettent, grâce à leurs vibrations, de détourner l'énergie en excès en la dissipant sous forme de chaleur.

EMI NAGOSHI PREMIÈRE LAURÉATE DU PRIX 3R

Pour sa première attribution, le prix 3R (acronyme de raffiner, réduire et remplacer) 2016 a récompensé Emi Nagoshi professeure assistante au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences). Ce prix vise à récompenser des chercheurs contribuant de manière significative au développement d'une expérimentation animale responsable, répondant aux recommandations suisses et européennes en la matière.

L'ITALIE HONORE MICHEL JEANNERET

Après avoir reçu en 2013 le *Premio internazionale A. Feltrinelli per la Cultura letteraria del Rinascimento*, décerné par l'Accademia dei Lincei, Michel Jeanneret, professeur honoraire à la Faculté des lettres, recevra cette année le *Premio di storia letteraria Natalio Sapegno 2017* pour l'ensemble de ses travaux de critique littéraire.

ABONNEZ-VOUS À «CAMPUS»!

Découvrez les recherches genevoises, les dernières avancées scientifiques et des dossiers d'actualité sous un éclairage nouveau. Des rubriques variées vous attendent traitant de l'activité des chercheurs dans et hors les murs de l'Académie. L'Université de Genève comme vous ne l'avez encore jamais lue!

Université de Genève
 Presse Information Publications
 24, rue Général-Dufour
 1211 Genève 4
 Fax 022 379 77 29
 campus@unige.ch
 www.unige.ch/campus

Abonnez-vous par e-mail (campus@unige.ch) ou en remplissant et en envoyant le coupon ci-dessous :

Je souhaite m'abonner gratuitement à «Campus»

Nom

Prénom

Adresse

N° postal/Localité

Tél.

E-mail

BIOCHIMIE

L'EXOCYSTE, MAINTENANT AUSSI EN 3D

ÉRIC WIDMER REÇOIT LE PRIX LEENAARDS ÂGE & SOCIÉTÉ 2016

Éric Widmer, professeur à la Faculté des sciences de la société, a reçu le prix Leenaards âge & société 2016 pour mener une étude exploratoire intitulée «Garde des petits-enfants et ambivalence intergénérationnelle». Cinq prix ont été décernés cette année par la Fondation Leenaards pour des projets ayant pour dénominateur commun la qualité de vie des personnes de plus de 65 ans.

THIERRY PUN ÉLU MEMBRE DE L'ACADÉMIE SUISSE DES SCIENCES TECHNIQUES

Professeur au Département d'informatique (Faculté des sciences), Thierry Pun a été élu membre de l'Académie suisse des sciences techniques (SATW). Cette institution est l'une des quatre académies suisses des sciences visant à promouvoir un dialogue équitable entre la science et la société. Le professeur Pun mène notamment des recherches dans les domaines des interactions homme-machine et de l'informatique affective.

LE PRIX THÉODORE OTT RÉCOMPENSE CHRISTIAN LÜSCHER ET ANDREA VOLTERRA

Christian Lüscher, professeur au Département de neurosciences fondamentales (Faculté de médecine), et Andrea Volterra, professeur à l'Université de Lausanne, sont les lauréats du prix Théodore Ott 2017, décerné tous les cinq ans par l'Académie suisse des sciences médicales. Les deux chercheurs ont été récompensés pour leurs travaux remarquables, que ce soit dans le domaine de la plasticité neuronale et de l'addiction pour le premier et dans celui des cellules appelées astrocytes et leur rôle de modulateur des neurones pour le second.

On connaît enfin la structure en trois dimensions de l'exocyste (voir ci-contre), une structure de huit protéines présente dans les cellules humaines et qui a longtemps résisté aux efforts des scientifiques visant à en tirer le portrait. C'est chose faite grâce aux travaux menés par l'équipe de Marko Kaksonen, professeur au Département de biochimie (Faculté des sciences), en collaboration avec l'IRB Barcelone et le Centro Andaluz de Biología del Desarrollo à Séville. Cette réussite, publiée le 26 janvier dans la revue *Cell*, ouvre la voie au développement de nouveaux traitements contre des maladies liées au dysfonctionnement de ce complexe, telles que le développement de métastases cancéreuses.

L'exocyste est formé de huit protéines et permet la mise en contact des vésicules avec la membrane cellulaire. Il joue un rôle important dans la sécrétion d'insuline notamment. Le problème, c'est que ce complexe particulier est grand et très flexible empêchant les techniques habituelles, telles que la cristallographie ou la microscopie à électrons, de produire des résultats probants quant à sa structure et son fonctionnement.



ORIOL GALLEGÓ (IRB BARCELONA)

C'est pourquoi les auteurs de l'article se sont tournés vers une autre technique, la microscopie à fluorescence, qui n'a jamais été utilisée dans les reconstructions 3D de complexes protéiques. Il a fallu pour cela modifier des cellules de levure afin de créer un point d'ancrage pour le complexe protéique. Puis, grâce aux mesures réalisées par l'appareil, les chercheurs ont recréé la structure de manière tridimensionnelle. Le tout, intégralement dans une cellule vivante permettant l'observation *in vivo* du rôle de ce complexe protéique. Une première.

MÉDECINE

POUR CONTRER LA TUBERCULOSE, IL FAUT AFFAMER LE BACILLE

Affamer le bacille responsable de la tuberculose pour l'affaiblir. La proposition paraît simple mais encore fallait-il trouver le moyen d'y parvenir. C'est ce que proposent Thierry Soldati et Caroline Barisch, respectivement professeur et chercheuse au Département de biochimie (Faculté des sciences) dans un article paru le 19 janvier dans la revue *PLoS Pathogens*.

Les scientifiques ont travaillé sur un système modèle formé de l'amibe sociale *Dictyostelium discoideum*, un micro-organisme unicellulaire qui se comporte comme les macrophages du système immunitaire humain, et d'une bactérie *Mycobacterium marinum*, qui est responsable de la tuberculose du poisson.

Pour survivre, se répliquer et se disséminer, la bactérie a besoin de consommer les lipides présents sous forme de gouttelettes dans les macrophages. Sans cette source alimentaire, le bacille ne parvient pas non plus à survivre de manière latente en attendant une faiblesse du système immunitaire de son hôte pour se développer (30% de la population mondiale est infectée par une forme dormante du bacille de la tuberculose).

En étudiant sur leur modèle toutes les étapes du processus, les biochimistes ont découvert que la mycobactérie est capable de reprogrammer la cellule infectée afin de détourner à son profit toutes ses réserves de graisse, les gouttelettes de lipides mais aussi les membranes si les premières font défaut.

L'objectif des chercheurs est désormais de trouver le moyen d'affamer le bacille en ciblant, par exemple, certaines enzymes qui lui permettent d'absorber des lipides.

Très contagieuse, la tuberculose est la maladie infectieuse d'origine bactérienne la plus mortelle du monde. Chaque année, elle ôte la vie à plus de 1,5 million de personnes. En vingt-cinq ans, le taux de mortalité a baissé de 47% grâce aux progrès de la prévention et des traitements. Toutefois, le bacille de la tuberculose développe de plus en plus de résistances aux antibiotiques. D'où la nécessité de trouver de nouveaux traitements.

ÉGALITÉ

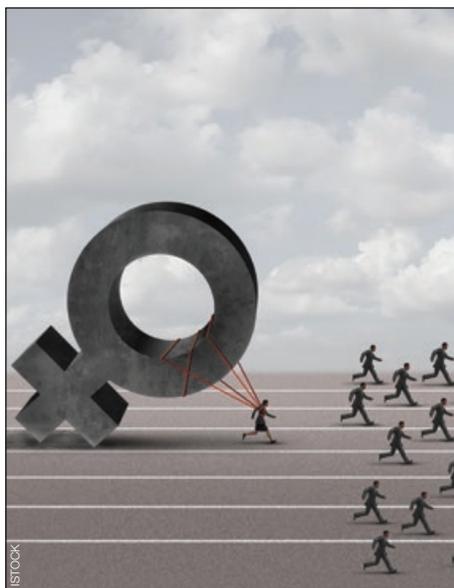
SEXISME, MANQUE DE SOUTIEN ET MATERNITÉ: LES OBSTACLES À UNE CARRIÈRE FÉMININE

Le constat est connu: plus on avance dans la carrière académique, plus les femmes, pourtant majoritaires au début, se font rares. En 2016, l'Université de Genève comptait 61% d'étudiantes contre seulement 19% de femmes parmi les professeurs ordinaires. L'explication n'est pas à chercher dans un manque d'ambition féminine. Elle tient en réalité en trois mots: sexisme, manque de soutien de la part de la hiérarchie et attitude négative de cette même hiérarchie vis-à-vis de la maternité. Tels sont en tout cas les principaux obstacles à la réussite des carrières féminines identifiés par une étude menée auprès des collaborateurs et collaboratrices académiques de l'Université de Genève. Mandaté par le Service de l'égalité et réalisé par Klea Faniko, chercheuse à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), le travail a donné lieu à un rapport présenté en novembre 2016 sous le titre *Carrière académique à l'Université de Genève: le facteur humain*.

«J'ai été un peu surprise par les résultats de mon travail, admet Klea Faniko. Tous les professeurs ne sont pas sexistes, loin de là. Mais le sexisme est un phénomène perçu comme bien présent. Je m'attendais à ce qu'une institution aussi riche d'intelligences que l'université, sans être totalement exempte de ce genre de problèmes, se place au-dessus du lot. Je comptais notamment sur ce qu'on appelle en psychologie sociale l'«effet libérateur» de l'éducation. En réalité, sur ce plan-là du moins, l'Université de Genève est représentative de la société dont elle fait partie, ni plus ni moins.»

Témoignages directs L'étude, réalisée en collaboration avec Naomi Ellemers et Belle Derks, professeures à l'Université d'Utrecht aux Pays-Bas, comprend deux volets. Le premier, qualitatif, est composé de 85 entretiens individuels de trente minutes qui ont permis de récolter et d'analyser des témoignages directs ou indirects concernant les relations des participants avec l'entourage professionnel. Le second est une enquête envoyée à tout le personnel académique de l'UNIGE, qui a permis de recueillir les opinions de plus de 800 personnes sur les perceptions liées au sexisme et les différences de traitement en fonction du sexe.

«C'est la première fois qu'une étude aussi complète est menée sur ce thème en Suisse, commente Klea Faniko. En plus d'être un sujet délicat, le sexisme



au sens large est souvent une question de perception qui varie d'une personne à l'autre. C'est pourquoi nous avons, par exemple, mené des entretiens avec des hommes et des femmes dans différentes fonctions afin de disposer d'éclairages très divers. Cette étude a également été expertisée par un comité de lecture.»

Tordre le cou aux clichés Les données récoltées permettent d'emblée de tordre le cou à certains clichés. Il en ressort notamment que les femmes s'engagent autant que les hommes dans leur carrière et nourrissent la même motivation d'avancement. Les unes et les autres s'investissent d'ailleurs pareillement au-delà du temps de travail légal. Quant à l'ambition professionnelle, elle prime sur la vie privée, quel que soit le sexe des répondants. En d'autres termes, ce n'est pas de la faute des femmes si leur carrière rencontre autant d'obstacles mais de celle des «facteurs liés au cadre de travail», pointe le rapport. Et dans ce cadre, c'est le sexisme qui fait le plus de dégâts. L'auteure de l'étude fait la distinction entre forme hostile (qui s'apparente à une misogynie visible, intentionnelle et assumée) et bienveillante (qui considère les femmes comme des êtres fragiles et qui doivent être protégées par les hommes). Parole de doctorante: «Il y a un prof qui m'appelle «mon amour», c'est le même qui m'a dit que si j'étais engagée c'était peut-être parce que je n'étais pas moche.» Quel que soit le style du sexisme, note Klea Faniko, les conséquences sont

lourdes, car il dévalorise les chercheuses et limite leur progression dans leur carrière.

La différence de traitement entre les hommes et les femmes de la part de certains supérieurs hiérarchiques est également mise en évidence. Les femmes dénoncent en effet, aussi bien dans les questionnaires que dans les entretiens, un manque de conseils, d'encadrement, de financement pour des activités scientifiques ou encore de promotion. Autant de soutiens dont leurs collègues masculins bénéficient plus facilement. Les responsables de ces disparités de traitement ne sont d'ailleurs pas que des hommes. Certaines femmes ont elles aussi développé des attitudes discriminatoires contre les représentantes de leur sexe.

Troisième obstacle, la maternité. Là encore, la hiérarchie adopte parfois une position négative envers les femmes désirant ou ayant décidé d'avoir des enfants tout en estimant que les collègues masculins parviendront plus facilement à concilier vie de famille et travail. «On est enceinte d'une thèse et de rien d'autre», aurait dit un professeur à sa doctorante. Ces attitudes négatives sont à l'origine d'abandons de carrière.

Processus long Ce rapport représente une étape dans une réflexion à long terme entamée par l'Université de Genève visant à combattre et réduire les problèmes liés au sexisme et promouvoir les carrières féminines.

«Nous sommes en train de diffuser les résultats de cette étude le plus largement possible au sein de l'Université, explique Brigitte Mantilleri, directrice du Service de l'égalité. Nous organisons des présentations dans les décanats, devant le collège des professeurs, au sein des Départements, de l'Assemblée, etc. L'idée est d'éviter que ce document ne soit oublié dans un tiroir.»

Une importante campagne d'information et de sensibilisation est par ailleurs prévue pour la rentrée de 2017. Elle promet, selon ses concepteurs, de ne pas passer inaperçue. En parallèle, il est prévu, d'une part, de publier un guide (bilingue français/anglais) visant à prévenir et à aider les personnes confrontées au harcèlement sexuel et, d'autre part, de mettre en place un dispositif, composé de relais fiables, pour venir en aide à ces personnes qui, aujourd'hui, ne savent la plupart du temps pas vraiment vers qui se tourner.

www.unige.ch/rectorat/egalite

LES MONDES D'À CÔTÉ

LES ASTRONOMES FONT MOUSSER TRAPPIST-1

SEPT PLANÈTES DE TYPE TERRESTRE ONT ÉTÉ DÉCOUVERTES AUTOUR D'UNE PETITE ÉTOILE SITUÉE DANS LE VOISINAGE DU SOLEIL. LA CONFIGURATION PARTICULIÈRE DE CE SYSTÈME OFFRE LA POSSIBILITÉ, POUR LA PREMIÈRE FOIS, D'ÉtudIER LEUR ÉVENTUELLE ATMOSPHÈRE ET, POURQUOI PAS, DE DÉTECTER DES TRACES DE VIE

Ce n'est pas la première fois que l'on découvre une planète extrasolaire de la taille de la Terre. Ni même un système entier comptant plusieurs objets similaires. De nos jours, il n'est pas rare non plus que l'on observe des planètes telluriques qui, vues d'ici, effectuent un transit devant leur étoile et évoluent dans ce que les astronomes appellent la « zone habitable », zone qui autorise la présence d'eau liquide (et donc potentiellement de la vie) à leur surface. Dénicher une exoplanète autour d'une petite étoile proche du Soleil (à moins de 50 années-lumière de distance) est également devenu une habitude.

Ce qui est exceptionnel, en revanche, c'est que l'étoile naine TRAPPIST-1 et ses sept compagnons réunissent tous ces paramètres. Plus important encore: cette découverte, publiée dans la revue *Nature* du 23 février et à laquelle l'Université de Genève a contribué, offre sur un plateau une possibilité que personne n'a vu arriver si vite: l'étude directe de l'éventuelle atmosphère d'une série de planètes extrasolaires toutes semblables en taille à la Terre et dont trois sont situées dans la zone habitable de leur étoile. Une perspective qui devrait se concrétiser dans moins de deux ans, le temps nécessaire au futur télescope spatial James-Webb de se déployer dans l'espace et de pointer son miroir dans la bonne direction, ce qui est déjà au programme.

École genevoise « *Jamais je n'aurais imaginé que l'on puisse aussi tôt envisager sérieusement l'étude de l'atmosphère d'une et encore moins de plusieurs planètes extrasolaires de type terrestre qui, en outre, possèdent le potentiel d'abriter la vie, s'extasie Didier Queloz, professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences) et à l'Université de Cambridge, coauteur de l'étude et instigateur du projet TRAPPIST à l'origine de la découverte. Connaitre l'atmosphère de ces planètes – si elle existe, car nous n'en savons encore rien –, c'est entrer dans leur intimité, apprendre leur histoire, mesurer, pourquoi pas, des signaux témoignant d'une activité de chimie organique, voire plus. Bref, vingt-deux ans seulement après la découverte de la première planète extrasolaire qui était une géante gazeuse (51Peg), nous sommes sur le point d'ouvrir un nouveau champ de recherche. Et cela toujours grâce à des astronomes issus de l'École genevoise. En effet, les trois premiers auteurs de l'étude, bien que travaillant actuellement en Belgique (Michaël Gillon), à Berne (Brice-Olivier Demory) ou au Royaume-Uni (Amaury Triaud), ont passé des années à l'Université de Genève.* »

La découverte de l'étoile TRAPPIST-1, située à seulement 39 années-lumière du système

« NOUS SOMMES SUR LE POINT D'OUVRIR UN NOUVEAU CHAMP DE RECHERCHE GRÂCE À DES ASTRONOMES ISSUS DE L'ÉCOLE GENEVOISE »

solaire, est en effet due à une équipe de Michaël Gillon, actuellement chercheur à l'Université de Liège mais qui a effectué à la fin des années 2000 un séjour post-doctoral de trois ans à l'Observatoire de Genève dans le domaine des planètes extrasolaires.

Responsable du programme TRAPPIST (*Transiting Planets and Planetisimals Small Telescope*), un télescope belge de 60 centimètres de diamètre installé sur le site andain de La Silla au Chili et auquel collabore l'Observatoire de Genève, le chercheur belge s'est lancé depuis quelques années dans un projet pilote de mesure systématique d'une soixantaine de naines ultra-froides et de naines brunes situées

VUE D'ARTISTE DE TRAPPIST-1F, UNE DES SEPT PLANÈTES TERRESTRES QUE COMPTE L'ÉTOILE NAIN TRAPPIST-1.

TRAPPIST-1F EXPOSE TOUJOURS LE MÊME CÔTÉ À SON ÉTOILE. LA FACE CONSTAMMENT ÉCLAIRÉE POURRAIT ABRITER DE L'EAU LIQUIDE.

UNE DES PARTICULARITÉS DU SYSTÈME TRAPPIST-1, C'EST LA PROXIMITÉ DES PLANÈTES LES UNES PAR RAPPORT AUX AUTRES. C'EST POURQUOI ELLES APPARAISSENT DANS LE CIEL, COMME LA LUNE DANS CELUI DE LA TERRE.



NASA

dans l'environnement immédiat du Soleil. Il s'agit d'étoiles très petites. Les premières possèdent une masse juste suffisante (typiquement un dixième de celle du Soleil) pour entretenir durablement les réactions thermonucléaires responsables de leur éclat, les secondes n'atteignant pas ce seuil.

Le but de TRAPPIST est la traque des transits, c'est-à-dire le passage devant ces astres de planètes telluriques provoquant ainsi une baisse temporaire de la luminosité détectable depuis la Terre. C'est ainsi que durant la première campagne de mesures, trois planètes très légèrement plus grandes que la Terre ont été détectées autour de la première étoile candidate, TRAPPIST-1. Comme l'indique un article paru dans la revue *Nature* du 12 mai 2016, ces objets sont très proches de leur astre et en effectuent un tour complet en quelques jours seulement. Les caractéristiques de la troisième planète sont toutefois ambiguës et semblent indiquer que le système est plus complexe que prévu.

Pour en savoir plus, les données sont affinées avec l'aide notamment du télescope spatial Spitzer de la Nasa, qui consacre 60 nuits d'observation rien qu'à cette étoile, et du Very Large Telescope de l'Observatoire européen austral. Le résultat est l'apparition d'une forêt de transits. Pour les chercheurs, c'est un choc : ce ne sont pas trois mais au moins sept planètes qui sont en orbite autour de TRAPPIST-1. Et les

six premières possèdent des masses semblables à celle de la Terre.

Quasi-résonance Les orbites des six planètes internes sont en quasi-résonance, c'est-à-dire que les rapports de leurs périodes de rotation autour de l'étoile sont presque des nombres entiers (voir infographie page suivante). Cette architecture suggère que les planètes se seraient formées plus loin et auraient ensuite migré vers le centre du système. Il faut dire que TRAPPIST-1, dont la masse ne vaut que 8% de celle du Soleil, n'est que marginalement plus gros que Jupiter. Les orbites des planètes sont donc à peine plus grandes que celles des lunes joviennes.

L'estimation sur la base de modèles théoriques des températures à l'équilibre (étalonnées entre 170°C pour la plus proche de l'étoile et -105°C pour la plus éloignée) indique que les sept objets sont susceptibles d'abriter de l'eau à leur surface mais pas avec la même probabilité. Les trois premières sont probablement trop chaudes pour cela, sauf peut-être à certains endroits peu exposés. Selon des mesures réalisées récemment à l'aide du télescope spatial Hubble par une équipe de chercheurs du Département d'astronomie (Faculté des sciences), l'étoile TRAPPIST-1 pourrait bien « évaporer » l'eau au moins des deux plus proches. Les trois suivantes, en revanche, évoluent à la bonne distance pour bénéficier

d'une température compatible avec l'existence d'un éventuel océan d'eau liquide. La dernière est, quant à elle, probablement trop éloignée et trop froide pour éviter le gel persistant.

« La surprise de la découverte est surtout liée au fait que personne n'avait pensé à vérifier s'il existait des planètes autour des naines ultra-froides, note Didier Queloz. Ce sont des astres méconnus car difficiles à étudier en raison de leur faible luminosité et du fait qu'elles n'évoluent quasiment pas. Elles consomment en effet leurs réserves de combustible de manière très lente. On estime leur espérance de vie à 100 milliards d'années, alors qu'il n'en reste plus que 5 environ au Soleil. »

Le fait que le programme TRAPPIST ait si vite touché le jackpot pourrait bien indiquer que la présence de planètes autour de ces petites étoiles, qui représentent tout de même 15% de la population d'objets astronomiques dans le voisinage du système solaire, soit la norme et non l'exception. La découverte en 2016 d'une autre planète autour de la naine rouge Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du Soleil située à 4 années-lumière, renforce encore cette hypothèse.

C'est une bonne nouvelle, car cette catégorie d'astres, proches et petits, représentent des laboratoires parfaits pour l'étude d'éventuelles atmosphères entourant leurs planètes. Pour réaliser cette prouesse, les astronomes comptent en effet sur la détection des rayons de l'étoile ayant traversé ces fines couches de gaz et emporté

SYSTÈME TRAPPIST-1



	B	C	D	E	F	G	H
PÉRIODE ORBITALE (jours)	1,51	2,42	4,05	6,10	9,21	12,35	~20
DISTANCE À L'ÉTOILE (unités astronomiques)	0,011	0,015	0,021	0,028	0,037	0,045	~0,06
RAYON (rayons terrestres)	1,09	1,06	0,77	0,92	1,04	1,13	0,76
MASSE (masses terrestres)	0,85	1,38	0,41	0,62	0,68	1,34	-

SYSTÈME SOLAIRE (planètes telluriques)



	MERCURE	VÉNUS	TERRE	MARS
PÉRIODE ORBITALE (jours)	87,97	224,70	365,26	686,98
DISTANCE À L'ÉTOILE (unités astronomiques)	0,387	0,723	1	1,524
RAYON (rayons terrestres)	0,38	0,95	1	0,53
MASSE (masses terrestres)	0,06	0,82	1	0,11

avec elle des informations sur leur composition chimique. C'est actuellement infaisable si l'étoile est trop lointaine ou si elle est trop grosse par rapport à la planète qui passe devant. Le cas de TRAPPIST-1, en revanche, présente une configuration parfaite. L'étoile possède un rayon qui n'est que dix fois plus grand que celui des planètes (contre 100 fois dans le cas du Soleil et de la Terre). Cela signifie que le signal en provenance d'une atmosphère extrasolaire peut être détecté à l'aide de la technologie déjà en place. Cela dit, l'appareil qui fournira les meilleurs résultats est le télescope spatial James-Webb, actuellement en phase de construction. Le lancement de cet instrument, qui sera placé au-delà de l'orbite de la Lune, est prévu pour 2018.

Toute la question consiste désormais à savoir quels sont les composés chimiques qu'il faudra détecter avant de pouvoir déduire la présence d'une activité organique quelconque sur ces mondes lointains. Des biologistes et des chimistes travaillent actuellement à simuler en laboratoire ou sur ordinateurs l'évolution d'atmosphère dans différentes conditions, les spécialistes de la formation des planètes planchent sur leurs propres modèles. Tous ces experts pourront bientôt

confronter leurs résultats à un nombre grandissant de systèmes planétaires bien réels.

« *Tout est possible, s'enthousiasme Didier Queloz. Nous disposons déjà de sept candidates et nous en aurons sans doute des dizaines ou des centaines*

CELA SIGNIFIE QUE LE SIGNAL EN PROVENANCE D'UNE ATMOSPHÈRE EXTRASOLAIRE PEUT ÊTRE DÉTECTÉ À L'AIDE DE LA TECHNOLOGIE DÉJÀ EN PLACE

d'autres dans un proche avenir, notamment grâce au projet SPECULOOS destiné à succéder à celui de TRAPPIST. Composé de quatre télescopes, il passera en revue un nombre encore plus grand d'étoiles naines proches. C'est une avancée extraordinaire. Cela dit, la question de la présence de la vie sur une autre planète ne recevra sans doute au début qu'une réponse ambiguë. Il ne sera probablement pas

possible de trancher avant de nombreuses années. Mais une chose est sûre. Si l'on apporte un jour la preuve que la vie existe sur une autre planète proche du système solaire, cela signifie qu'elle existe partout dans l'Univers. »

Quant à l'idée consistant à aller vérifier sur place, le chercheur genevois n'y croit pas trop, à l'image du projet de *Breakthrough Starshot*, présenté en avril 2016, et qui propose d'envoyer vers la planète de Proxima du Centaure une sonde minuscule accélérée à l'aide d'une voile solaire. Un périple d'une durée estimée à vingt ans, qui, selon le chercheur genevois, relève de la science-fiction.

En revanche, Didier Queloz mise davantage sur les progrès dans la technologie de l'astronomie optique qui pourraient bien, dans 50 ou 100 ans, permettre de prendre des images directes de planètes situées à quelques poignées d'années-lumière de distance.

Anton Vos

SOCIÉTÉ SOUS SURVEILLANCE

LES « SCHENGEN BOYS » OU LE NOUVEL ORDRE SÉCURITAIRE

LE FONCTIONNEMENT

DE LA SÉCURITÉ
NATIONALE EST CALQUÉ
SUR LE MODÈLE
EUROPÉEN. C'EST CE
QUE DÉMONTRE UNE
ÉTUDE QUI PLONGE POUR
LA PREMIÈRE FOIS AU
CŒUR DE CET UNIVERS
TRADITIONNELLEMENT
SECRET

« **C**irculez, il n'y a rien à voir. » Cet été, au lendemain de la présentation du dernier rapport sur la sécurité nationale par le conseiller fédéral Guy Parmelin, de nombreuses voix se sont élevées pour dénoncer la vacuité et le manque de vision des autorités nationales dans ce domaine pourtant ô combien sensible. Derrière un discours officiel qui consiste pour l'essentiel à trouver un improbable moyen terme entre coopération et indépendance, les choses bougent pourtant plus vite qu'il n'y paraît. Sous l'influence d'une nouvelle génération d'acteurs s'appuyant sur un savoir-faire directement importé de Bruxelles, les « Schengen Boys », la Suisse s'est en effet considérablement rapprochée du modèle sécuritaire européen au cours de ces dernières années. C'est ce que démontre une étude – la première du genre – menée par Stephan Davidshofer, maître-assistant au Département de science politique et relations internationales (Faculté des sciences de la société), Amal Tawfik, collaborateur scientifique au sein du même département et Jonas Hagmann, chercheur au Center for Security Studies de l'École polytechnique fédérale de Zurich. Un travail soutenu par le Fonds national de la recherche scientifique et dont les premiers résultats sont disponibles en ligne depuis quelques mois*.

« Depuis la chute du mur de Berlin, les débats sur la stratégie de la Suisse en matière de sécurité se réduisent à une opposition assez stérile entre les tenants de l'isolationnisme et les défenseurs de la coopération internationale, résume Stephan Davidshofer. Cet immobilisme politique contraste toutefois fortement avec la réalité. Sur le terrain, en effet, beaucoup de choses ont changé depuis l'entrée effective de la Suisse dans l'espace Schengen

en décembre 2008. C'est ce que nous souhaitons démontrer avec cette étude qui offre pour la première fois une photographie complète du paysage sécuritaire national. »

Pénétrer au cœur d'un univers qui, par définition, a le culte du secret n'est cependant pas chose facile. Pour réaliser ce tour de force, les auteurs de l'étude ont fait circuler un questionnaire à l'ensemble des agences de sécurité publique actives au niveau fédéral, cantonal et communal en s'appuyant largement sur le réseau très étoffé du Center for Security Studies de l'EPFZ. Objectif: rendre compte des ressources dont disposent les acteurs de ce domaine en termes de carrière, d'études, de réseaux de relations, d'usage de la technologie, de gestion du temps de travail, etc.

Avec plus de 600 réponses, qu'il a malgré tout fallu deux ans et demi pour réunir, ils ont ainsi obtenu un échantillon tout à fait représentatif de la population étudiée à l'échelle de la Suisse « Comme cet exercice n'avait encore jamais été réalisé, nous avons intégré différentes agences au processus dès l'élaboration du questionnaire afin de préciser des aspects purement techniques, explique Stephan Davidshofer. En plus d'être indispensable à la réussite de l'enquête, cette démarche nous a également permis de développer de bons rapports avec certains de nos interlocuteurs, ce qui a grandement facilité la distribution et l'acceptation du questionnaire. »

Le premier constat tiré par les chercheurs sur la base de ces résultats confirme la reconfiguration du paysage sécuritaire national. Celle-ci se traduit principalement par une perte de vitesse de l'establishment traditionnel incarné par l'armée et la diplomatie et une montée en puissance, voire une hypertrophie des services actifs à l'échelle intérieure. « L'idée qui domine



GARDE-FRONTIÈRE À LA DOUANE DE BARDONNEX, GENÈVE, LE 10 MAI 2006.

aujourd'hui est que l'insécurité s'est globalisée et que face à ce nouveau défi, les anciennes distinctions entre sécurité extérieure et sécurité intérieure ne font plus sens, précise Stephan Davidshofer. Du coup, il y a eu une redistribution totale des cartes. » Alors que l'armée et le corps diplomatique ont longtemps joui d'une certaine mainmise sur les questions sécuritaires nationales en jouant le rôle de courroie de transmission entre les pouvoirs publics et la société, leur influence n'a en effet cessé de décliner ces dernières années. En cause: l'isolement relatif du pays, qui ne fait partie ni de l'OTAN ni des organisations européennes de défense, mais aussi le faible succès des opérations de maintien de la paix et la réticence du pays à fournir des contingents de Casques bleus.

À l'inverse, des agences comme le Secrétariat d'État aux migrations (SEM), le Service de renseignement (SRC), la police fédérale ou le corps des gardes-frontières, qui jouaient jusqu'ici un rôle relativement mineur sur la scène sécuritaire, ont considérablement élargi leur champ d'action.

Symbole de cette transformation, la police fédérale est aujourd'hui devenue un relais obligé pour les cantons dans la mesure où c'est elle qui sert de centrale d'engagement et de point de contact avec l'Union européenne et ses précieuses bases de données. Loin de disparaître comme certains le prédisaient au moment de l'entrée dans Schengen, les gardes-frontières, dont le métier s'est « policierisé », ont, de leur côté, vu leurs prérogatives s'étendre. Dans le cadre des douanes volantes, ils peuvent désormais être déployés sur une portion beaucoup plus vaste du territoire national, comme en atteste leur intervention au mois d'août et de septembre derniers sur le marché de la Plaine de Plainpalais, soit en plein cœur de Genève. Ils sont par ailleurs aussi présents aux frontières extérieures de l'Union européenne (Grèce, Turquie, Italie notamment) dans le cadre des opérations pilotées par Frontex

(l'Agence européenne de garde-frontières et de garde-côtes).

Ce sont ces fonctionnaires ayant tiré profit de l'europanisation de la sécurité, auxquels s'ajoutent ceux du SRC ou du SEM, que les chercheurs ont baptisés les Schengen Boys. L'appellation fait référence aux Chicago Boys, un groupe d'intellectuels chiliens formés aux préceptes du néolibéralisme à l'Université de Chicago qui a joué un rôle de premier plan dans la transition économique du Chili après le coup d'État d'Augusto Pinochet.

« La comparaison avec les Chicago Boys n'a pas une grande valeur analytique, nuance Stephan

CE QUI RASSEMBLE CES « SCHENGEN BOYS », C'EST UNE VISION COMMUNE FONDÉE SUR LE CONTRÔLE DE LA MOBILITÉ

Davidshofer. *Nous avons surtout choisi cette métaphore pour mettre en évidence le fait que le savoir-faire utilisé par ceux qui gèrent aujourd'hui les questions de sécurité sur le terrain en Suisse a, lui aussi, été importé.* »

Ce qui rassemble ces « Schengen Boys », c'est en effet une vision commune fondée sur le contrôle de la mobilité. Dans les grandes lignes, celle-ci consiste à faciliter autant que possible la libre circulation au sein de l'espace commun des individus qui y ont droit, tout en limitant au maximum celle des terroristes, criminels et autres migrants.

« Ce qui est très frappant, commente Stephan Davidshofer, c'est que lorsqu'on demande aux acteurs de la sécurité suisse quel type de menace ils traitent concrètement, la migration et le terrorisme reviennent de manière tout à fait centrale. Alors

qu'il y a encore dix ou vingt ans ces questions relevaient essentiellement de l'économie, sauf peut-être aux yeux de quelques formations d'extrême-droite, elles structurent aujourd'hui l'ensemble de l'univers sécuritaire. De manière presque obsessionnelle, tout est désormais vu au travers de ce prisme. Résultat: la figure du migrant est aujourd'hui devenue le point de convergence de tout ce qui, de manière réelle ou fantasmée, représente une menace pour notre sécurité. Et c'est vrai aussi bien pour la classe politique que pour les professionnels de la sécurité. »

À l'échelle européenne, ce glissement est confirmé par l'utilisation du fameux Système d'Information Schengen. Conçue à l'origine pour servir à la recherche de personnes disparues ou à la traque de véhicules volés, cette immense base de données est aujourd'hui consultée dans près de 90% des cas pour des questions migratoires.

En Suisse, comme l'expliquent les auteurs de l'étude, cette évolution se traduit essentiellement par des transformations au niveau opérationnel. C'est ainsi qu'avant de passer la main aux Services de renseignement, c'est désormais le Secrétariat d'État aux migrations qui se trouve en première ligne lorsqu'il s'agit d'opérer un premier tri au sein des requérants d'asile pour identifier les individus potentiellement dangereux.

« La conclusion qui s'impose, c'est que le Sonderfall helvétique n'existe plus, ajoute Stephan Davidshofer. La réalité du terrain montre que notre politique en matière de sécurité est calquée sur celle de l'Union européenne, qu'elle est très largement fondée sur la coopération internationale et qu'elle est portée principalement par des acteurs dont le savoir-faire a été directement importé du modèle Schengen. Et le plus étonnant dans tout cela, c'est qu'il n'y a pas de projet ou de véritable intentionnalité derrière cette évolution. Les choses se sont faites de manière presque automatique, par nécessité de s'adapter aux nouveaux enjeux. »

Vincent Monnet

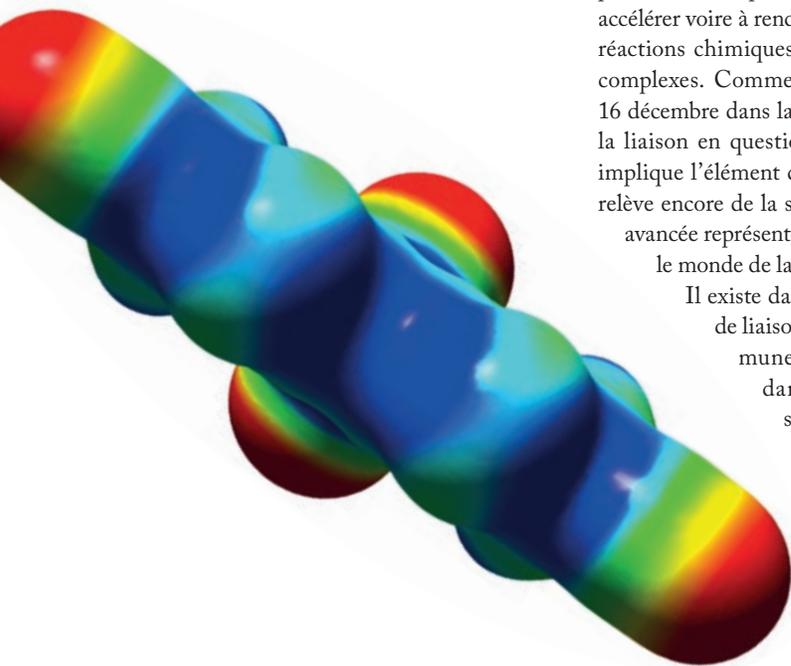
*« Analyse du champ de la sécurité en Suisse: vers une hypertrophie de la sécurité intérieure et autres réflexions méthodologiques », par Stephan Davidshofer, Amal Tawfik et Jonas Hagmann, revue « Cultures & Conflits » 102, disponible à l'adresse : conflits.revues.org/19283

CHIMIE EXOTIQUE

LE SOUFRE CACHAIT BIEN SA LIAISON

EN EXPLOITANT

UNE PARTICULARITÉ PEU CONNUE DE L'ATOME DE SOUFRE, DES CHERCHEURS GENEVOIS ONT RÉUSSI À METTRE EN ŒUVRE UNE LIAISON CHIMIQUE PEU COMMUNE ET À L'UTILISER AVEC SUCCÈS COMME CATALYSEUR



C'est une liaison chimique que les spécialistes qualifient d'exotique, une manière de dire qu'elle est rare dans la nature et qu'elle n'offre que peu d'intérêt pratique. Stefan Matile, professeur au Département de chimie organique (Faculté des sciences) et au Pôle de recherche national Biologie chimique, et son équipe l'ont néanmoins mise en œuvre en laboratoire et ont réussi à montrer qu'elle peut jouer un rôle inédit – et donc plein de promesses – dans le phénomène lancinant de la catalyse, ce processus indispensable consistant à faciliter, accélérer voire à rendre simplement possibles les réactions chimiques des plus banales aux plus complexes. Comme l'indique l'article paru le 16 décembre dans la revue *Angewandte Chemie*, la liaison en question, appelée « chalcogène », implique l'élément du soufre. Et, même si elle relève encore de la science fondamentale, cette avancée représente une petite révolution dans le monde de la chimie.

Il existe dans la nature plusieurs types de liaisons chimiques. La plus commune est celle dite covalente dans laquelle deux atomes s'accrochent l'un à l'autre en se partageant un ou plusieurs électrons. C'est principalement grâce à cette liaison forte que se construisent les molécules.

Les pôles s'attirent Il existe aussi la liaison – ou pont – hydrogène, qui fait intervenir la force électrostatique. Certaines molécules sont en effet polarisées. Elles présentent des régions plutôt chargées positivement, constituées d'atomes d'hydrogène, et d'autres plutôt négativement, formées d'atomes comme l'oxygène, l'azote ou encore le fluor. Ces pôles électriques opposés

s'attirent et peuvent établir une liaison de force intermédiaire permettant de tenir ensemble des molécules.

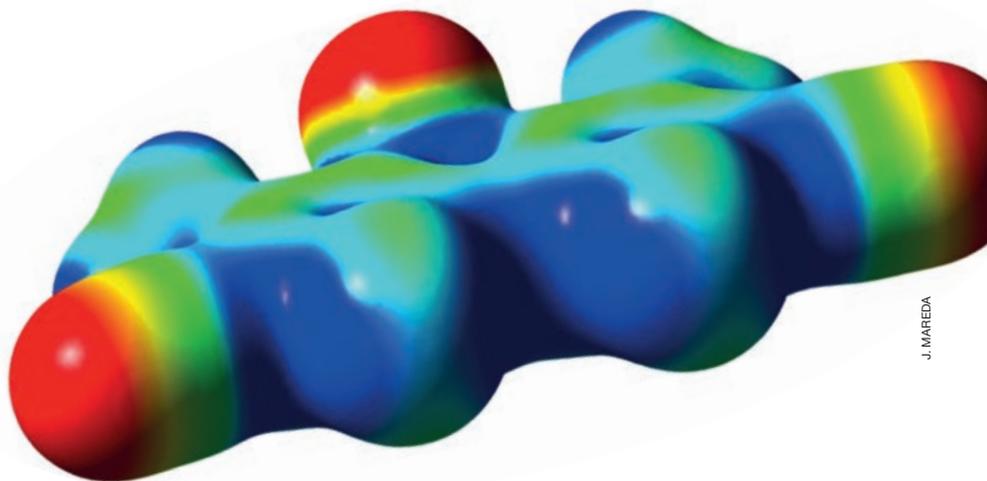
La liaison chalcogène est de cet ordre, sauf qu'à la place de l'hydrogène, on utilise du soufre. Le problème, c'est que sur ce plan-là, le soufre cache bien son jeu. Cet atome est connu des chimistes pour être plutôt électronégatif et donc, a priori, peu susceptible de jouer le même rôle que l'hydrogène.

C'est compter sans les calculs des théoriciens. Ceux-ci ont en effet remarqué que la charge négative créée par le nuage électronique n'est pas toujours répartie de manière uniforme sur toute sa surface. Selon leurs calculs, l'atome de soufre, dans certaines conditions, dévoile une petite zone chargée positivement qui est théoriquement capable de se lier à une région négative d'une autre molécule, exactement de la même manière qu'un pont hydrogène. Ce « trou » positif (ou trou σ) se retrouve d'ailleurs chez le sélénium et le tellure qui sont situés dans la même colonne du tableau périodique que le soufre – ils constituent, avec l'oxygène, le groupe des chalcogènes. Parce que ce trou σ est caché et en apparence peu accessible, il n'a longtemps pas intéressé les branches plus appliquées de la chimie (médecine, matériaux, cosmétiques...). Pour les ingénieurs de ces domaines, il s'agit d'un objet trop exotique pour qu'il puisse servir à quoi que ce soit. Ce n'est que récemment que la liaison chalcogène est sortie des seules mains des théoriciens. Depuis deux ans seulement, certains laboratoires, dont celui de Stefan Matile, se sont emparés du phénomène avec l'idée, entre autres, de l'exploiter pour développer un catalyseur d'un genre inédit. *« J'adore ce genre de défi, car il s'agit de défricher un domaine nouveau et cela exige beaucoup de créativité et d'intuition, s'enthousiasme le chercheur genevois qui conçoit son travail comme un art proche de la sculpture. Il faut combiner des savoirs venus d'horizons différents et imaginer de nouveaux chemins pour arriver au but. »*

DIFFÉRENTES
MOLÉCULES CONTENANT
DU SOUFRE. LES ZONES
BLEUES SONT PAUVRES
EN ÉLECTRONS ET
LES ROUGES RICHES
EN ÉLECTRONS.

À GAUCHE ET À DROITE:
DEUX VUES DU MEILLEUR
CATALYSEUR À BASE DE
SOUFRE SYNTHÉTISÉ
PAR L'ÉQUIPE DE STEFAN
MATILE. LA ZONE BLEUE,
PAUVRE EN ÉLECTRONS,
A ÉTÉ OPTIMISÉE.

EN BAS: MOLÉCULE DE
 SF_2 . LES DEUX ATOMES
DE FLUOR APPARAISSENT
EN ROUGE. LA ZONE
BLEUE CORRESPOND
AU TROU POSITIF
« CACHÉ » DU SOUFRE.



J. MAREDA

Faciliter les réactions Ce but, donc, est la catalyse. Il s'agit d'un processus largement utilisé en chimie, aussi bien dans les laboratoires de recherche que dans l'industrie afin de fabriquer des composés utiles pour les médicaments, les cosmétiques, les secteurs de l'énergie et de l'environnement, etc.

Un catalyseur est une substance (atome ou molécule) qui permet d'accélérer une réaction chimique sans subir elle-même de modifications. Elle facilite ou rend possible une interaction entre deux molécules en abaissant la barrière, en général de nature électrique, qui les tient séparées. Les chimistes sont sans cesse à la recherche de catalyseurs plus efficaces ou plus adaptés à leurs besoins. C'est un marché qui pèse des dizaines de milliards de francs.

Des catalyseurs, il en existe de toutes sortes (les pots catalytiques des voitures, par exemple, utilisent entre autres du platine, du palladium et du rhodium). En biologie, ce sont les enzymes qui jouent ce rôle. Ces protéines spéciales peuvent couper, transformer ou coller d'autres protéines et accélèrent les réactions biochimiques. En chimie organique, lorsqu'il s'agit de réaliser une transformation moléculaire, les chercheurs utilisent le plus souvent la liaison hydrogène. Concrètement, l'hydrogène actif «aspire» progressivement les charges négatives de la molécule cible à tel point que celle-ci est obligée d'interagir avec une autre molécule afin de retrouver une forme stable. En principe, les conditions sont préparées de telle façon que la réaction qui a lieu soit précisément celle voulue par les chimistes.

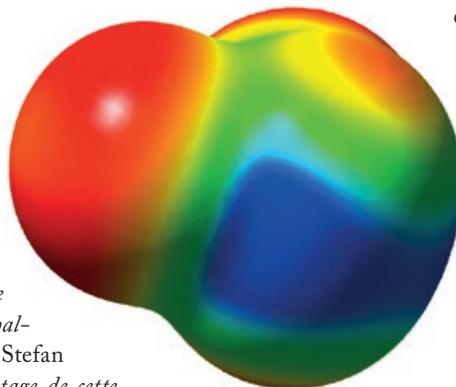
L'idée de Stefan Matile consiste donc à faire du soufre un aspirateur à électrons, comme l'hydrogène. Dans cette optique, lui et son équipe ont construit plusieurs petites molécules

incluant du soufre en cherchant une structure permettant d'optimiser la petite zone électropositive. Les chercheurs ont ensuite testé leurs substances dans une réaction standard.

L'une des molécules en particulier, dans laquelle deux atomes de soufre sont placés côte à côte et orientés selon un angle précis, a joué son rôle de catalyseur à la perfection en accélérant d'un facteur 1000 la vitesse de la réaction.

L'ATOME DE SOUFRE, DANS CERTAINES CONDITIONS, DÉVOILE UNE PETITE ZONE CHARGÉE POSITIVEMENT

« Notre article décrit la première réaction chimique catalysée à l'aide d'une liaison chalcogène, précise Stefan Matile. L'avantage de cette liaison sur le pont hydrogène, c'est qu'elle est directionnelle. L'hydrogène est électropositif sur toute sa surface, sans distinction. Avec le soufre, on arrive à établir une zone chargée positivement très localisée, comme une pince dans laquelle viendrait se ficher exactement la molécule qu'on veut faire réagir. Pour nous, c'est la promesse d'une chimie de haute précision. Avec des catalyseurs utilisant la liaison chalcogène, on espère pouvoir favoriser



davantage encore les réactions que l'on désire obtenir au détriment de celles qui sont indésirables. »

Chimie du soufre Pour le chercheur, la prochaine étape consiste à vérifier s'il est possible d'obtenir des résultats similaires avec les autres éléments du groupe chalcogène (à l'exception de l'oxygène, qui ne présente pas la même petite zone électropositive). À en croire l'intuition de Stefan Matile, les chances sont grandes de faire même mieux que le soufre avec le sélénium.

En parallèle, le professeur genevois aimerait tenter d'intégrer les liaisons chalcogènes dans des protéines et, en particulier, des enzymes, tout en conservant les propriétés de ces dernières. Et ce non seulement dans des éprouvettes mais aussi à l'intérieur d'une cellule. Cette perspective a de quoi donner le vertige puisque cela signifierait l'introduction dans le monde du vivant d'un mécanisme basé sur la chimie du soufre, ce que la nature n'a jamais réussi à réaliser d'elle-même.

Anton Vos

PLUS COMPLEXE LA VIE

LIRE ENTRE

LES GÈNES

LE GÉNOME HUMAIN – COMME CELUI DE TOUS LES ÊTRES VIVANTS – A MIS DES CENTAINES DE MILLIONS D'ANNÉES AVANT DE PARVENIR À SON ÉTAT ACTUEL. IL NE FALLAIT PAS S'ATTENDRE À CE QUE SON FONCTIONNEMENT SOIT D'UNE SIMPLICITÉ CONFONDANTE. DENIS DUBOULE EXPLIQUE POURQUOI IL VA FALLOIR PATIENTER ENCORE UN PEU POUR VOIR SE RÉALISER LES ESPOIRS QUE LE DÉCRYPTAGE DU GÉNOME HUMAIN A ÉVEILLÉS





CRISPR-CAS9, LE COUTEAU SUISSE DE LA GÉNÉTIQUE

Le complexe CRISPR-Cas9 est le nouvel outil fétiche des généticiens. Il permet de couper l'ADN à des endroits précis, d'extraire un gène (et même plusieurs à la fois), de le corriger, de le remplacer ou encore de moduler son activité, le tout à une vitesse beaucoup plus élevée et un coût plus bas que toutes les techniques similaires développées jusqu'à maintenant. Certains l'appellent le couteau suisse de l'édition génétique, d'autres l'iPhone de la biotechnologie. CRISPR-Cas9 est formé de deux éléments. Le premier (CRISPR) est un brin d'ARN dont la séquence est l'homologue du fragment d'ADN que l'on veut exciser. Ce « guide », qui peut être produit à volonté, de manière indépendante, reconnaît sa cible et se lie avec. Le second

élément du complexe entre alors en action. Il s'agit d'une endonucléase (Cas9), c'est-à-dire une enzyme qui coupe, comme une paire de ciseaux, aux deux extrémités du fragment. Si le dispositif est couplé à un mécanisme de réparation, le trou peut ensuite être comblé par n'importe quel nouveau morceau d'ADN.

Le complexe CRISPR-Cas9 est à l'origine un système de défense de certaines bactéries contre les infections par des agents infectieux tels que les virus bactériophages. La chercheuse française Emmanuelle Charpentier, alors professeure à l'Université d'Umeå en Suède, a découvert son mode de fonctionnement et, avec Jennifer Doudna, de l'Université de Berkeley aux États-Unis, elle a publié, dans

la revue *Science* du 17 août 2012, la description de l'outil de biotechnologie que tous les laboratoires de génétique utilisent actuellement. Cette avancée a valu aux deux chercheuses une série de prix prestigieux. Elles sont désormais pressenties pour un éventuel prix Nobel. Emmanuelle Charpentier, actuellement professeure à l'Institut Max Planck de Berlin, a depuis mis au point une nouvelle variante du système CRISPR qui serait encore plus efficace. Avant l'arrivée de ce nouvel outil biomoléculaire, les généticiens n'étaient capables de manipuler génétiquement qu'une quantité limitée d'animaux. Avec le complexe CRISPR-Cas9 (et ses successeurs), les possibilités explosent. Les chercheurs peuvent désormais

modifier l'ADN avec précision et sans difficulté majeure d'une grande quantité d'organismes. Les dernières publications concernent les singes, les mammoths, les moustiques et bientôt les animaux de compagnie. Certaines voix s'inquiètent toutefois que la technologie CRISPR-Cas9, facile à mettre en œuvre et peu onéreuse, commence à être utilisée par des biologistes amateurs, comme cela semble déjà être le cas. Ces groupes, hors du contexte des laboratoires de recherche traditionnels, sauront-ils tous se plier au code de bonne pratique scientifique mis en place en 2011 (<https://diybio.org/codes/>)?

Cela fait plus de quinze ans que le génome humain a été décrypté. À cette époque, on sentait déjà que l'être humain était davantage qu'un ensemble de gènes-programmateurs. Aujourd'hui, les scientifiques en sont persuadés : si l'on veut se connaître dans la plus stricte intimité biologique, il faut savoir lire entre les gènes. D'abord, en raison du fait que l'ADN séparant les parties codantes – ce qui correspond tout de même à 98 % du génome – n'est pas inutile, comme on le pensait au départ, mais s'avère tout aussi essentiel au bon fonctionnement de l'organisme que les gènes eux-mêmes. Ensuite, parce qu'en plus du génome, il faudrait, idéalement, connaître l'épigénome (tout ce qui, sous l'influence de l'environnement, se lie à l'ADN et module son fonctionnement), le transcriptome (l'ensemble des brins d'ARN présents dans les cellules) ou encore le protéome (l'ensemble des protéines synthétisées par les molécules d'ARN).

Le tout sans oublier la composition du microbiote, à savoir les populations de bactéries, virus et autres microbes (dix fois plus nombreux que les cellules de notre corps) ayant colonisé la peau et les entrailles et qui jouent un rôle inattendu et de premier ordre dans le métabolisme. Alors que les chercheurs disposent depuis quelques années seulement d'un nouvel outil de génie génétique révolutionnaire (le CRISPR-cas9, lire encadré) et de moyens de séquençage et d'analyse biomoléculaires sans cesse plus performants, Denis Duboule, professeur au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), revient sur les progrès fulgurants et les limites de sa discipline.

Campus : Ces dernières années, la recherche en génétique a fait d'énormes progrès dans la compréhension des mécanismes tandis que les technologies de séquençage, d'analyse, etc. se sont perfectionnées. Mais les espoirs de guérison des grandes maladies ne sont toujours pas réalisés. Où en sommes-nous ?

Denis Duboule : Pour comprendre où nous en sommes aujourd'hui, il faut rappeler d'où nous venons. Au milieu des années 1970, durant mes études, on pensait encore que les

animaux possédaient des gènes propres : l'éléphant avait un gène de la trompe, la vache celui des cornes, etc. Dans les dix ans qui suivent, on s'est aperçu que tous les animaux, qu'il s'agisse des mouches, des souris ou des humains, possèdent en réalité les mêmes gènes. Cela signifie que ces derniers, même identiques, peuvent fabriquer des formes de vie très différentes. Ce progrès conceptuel a cependant du même coup resserré le champ de recherche. On a en effet considéré que si les gènes sont si bien conservés à travers les millions d'années d'évolution, c'est qu'ils sont responsables de tout.

C'est le début du tout-génétique ?

On espère en effet comprendre les maladies en étudiant les gènes, c'est-à-dire la partie dite codante de l'ADN. On se met à parler du gène de l'obésité, de celui de l'orientation sexuelle, de celui de l'alcoolisme, etc. C'est aussi l'époque des programmes télévisés comme le Téléthon en faveur de la recherche sur les maladies génétiques telles que la myopathie de Duchesne et la mucoviscidose. De telles maladies, causées par la mutation d'un seul gène, sont toutefois rares et aujourd'hui presque toutes connues. Elles sont certes graves et dramatiques, mais le poids qu'elles font peser sur la société est négligeable au regard des maladies métaboliques, dégénératives, mentales, etc.

Et celles-ci ne sont pas monogéniques ?

Les chercheurs comprennent assez vite en effet que si des formes rares de ces maladies peuvent être causées par un seul gène muté, la plupart du temps, elles sont multigéniques. Forts de ce constat, ils se sont alors lancés dans de nombreuses et vastes études analysant l'ensemble des gènes de milliers de participants. Ces opérations, appelées GWAS (*Genome-wide association studies*), cherchent à établir des associations entre des variations génétiques et des maladies ou des traits physiques particuliers.

Les GWAS n'ont-elles pas donné les résultats escomptés ?

Ces travaux ont fourni une toute petite partie de la réponse. Dans les meilleurs des cas, les GWAS ont produit des

« AU MILIEU DES ANNÉES 1970, ON PENSAIT ENCORE QUE L'ÉLÉPHANT AVAIT LE GÈNE DE LA TROMPE, LA VACHE CELUI DES CORNES... »

associations avec de très nombreux variants de gènes (allèles) qui, ensemble, n'expliquent qu'une fraction des cas de la maladie en question.

Un exemple ?

L'une des GWAS les plus révélatrices s'est focalisée non pas sur une maladie mais sur la taille des individus (GIANT, pour *Genetic Investigation of Anthropocentric Traits*). Publiée dans la revue *Nature* du 14 octobre 2010, cette enquête porte sur le génome de plus de 180 000 personnes. Elle a trouvé des centaines de variants génétiques, regroupés dans au moins 180 *loci* (régions chromosomiques), associés à la taille des personnes. Mais tous ces allèles n'expliquent en réalité que 10 % des variations de hauteur observées. Quand vous comprenez cela, vous comprenez aussi les difficultés de cette approche.

Comment expliquez-vous cet échec ?

Les GWAS se sont surtout focalisés sur les gènes qui ne représentent que 2 % de l'ensemble de l'ADN contenu dans chacune de nos cellules. Ces dix dernières années, on a commencé à comprendre que des mutations dans les 98 % restants peuvent, elles aussi, jouer un rôle important. Ces vastes territoires du génome humain comprennent en effet des zones chargées de réguler l'activité des gènes et qui, si elles sont altérées, peuvent entraîner une baisse, voire un arrêt total, de la production de la protéine correspondante.

Sur ces 98 % du génome, quelle proportion est utile ?

On ne le sait pas exactement. Si on découvre une variation dans une partie inconnue de la zone non codante du génome, on ne peut pas, a priori, déterminer si elle touche une partie importante ou non. Une mutation dans les portions d'ADN qui séparent les régions régulatrices de leurs gènes cibles, et qui sont à première vue « vides », peut avoir des conséquences. Le gène de la globine, par exemple, est éloigné de sa zone régulatrice et pour permettre aux deux entités d'entrer en contact, le segment d'ADN qui les sépare doit se recourber. Mais si, en raison d'une mutation, il manque un certain nombre de paires de base, le repliement risque de s'effectuer incorrectement avec pour résultat une diminution, voire un arrêt, de la production d'hémoglobine sanguine, conduisant à une anémie.

Il suffit donc de découvrir les zones régulatrices de tous les gènes...

Oui, mais chaque gène n'en a pas forcément qu'une seule. Il arrive en effet qu'un gène soit régulé par une région A lorsqu'il est exprimé dans le foie mais par la région B, située à un tout

« SI ON DÉCOUVRE UNE VARIATION DANS LA ZONE NON CODANTE DU GÉNOME, ON NE PEUT PAS, A PRIORI, DÉTERMINER SI ELLE TOUCHE UNE PARTIE IMPORTANTE OU NON »

DENIS DUBOULE, PROFESSEUR AU DÉPARTEMENT DE GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION (FACULTÉ DES SCIENCES)

autre endroit, lorsqu'il est activé dans le cerveau. C'est pour cette raison, entre autres, qu'il est nécessaire de connaître, en plus du génome entier, l'épigénome. Et ce, pour chaque organe ou tissu.

Qu'est-ce que l'épigénome ?

Il s'agit de mécanismes moléculaires comme des groupes méthyles, qui viennent se coller à l'ADN à des endroits précis, ou de modifications dans la chromatine. Cet appareil complexe se structure autour du génome pour moduler l'activité des gènes et des régions régulatrices sans changer la moindre lettre du code génétique. La nature des cellules (hépatiques, nerveuses, musculaires...) ainsi que les facteurs environnementaux tels que l'alimentation, le stress ou l'exercice physique exercent une influence sur ces mécanismes. C'est un champ de recherche nouveau et passionnant, ne serait-ce que par le fait que certaines de ces modifications épigénétiques se transmettent de génération en génération. De plus, cet épigénome est dynamique puisqu'il peut varier selon l'heure de la journée. Dans le foie, par exemple, il ne sera pas le même à 11 heures du matin, lorsque les cellules s'apprentent à relâcher des enzymes de détoxification, que le soir, quand elles sont au repos.

Cela fait beaucoup de paramètres à suivre...

Et ce n'est pas tout. Michael Snyder, professeur à l'Université de Stanford – qui comptait parmi les orateurs du colloque Wright qui s'est tenu à l'Université de Genève en novembre dernier –, s'est lancé dans une recherche consistant à récolter de manière régulière un maximum de données biomoléculaires d'une personne saine afin d'observer ce qui change en cas de maladie, de modification du mode de vie, etc. Cela

implique des prises de sang hebdomadaires (et tous les jours en cas de maladie), le séquençage de son ADN, l'analyse répétée de l'épigénome, du transcriptome et du protéome – avec un accent particulier sur certaines molécules plus importantes que d'autres pour la santé – et le suivi des variations dans la composition du microbiote. Il a commencé il y a sept ans en se prenant lui-même comme patient. Aujourd'hui, il suit une centaine de personnes. Ses travaux alimentent une énorme base de données baptisée ENCODE (lire encadré).

Grâce à la connaissance du génome et de ce qui l'entoure, sera-t-il possible de donner un jour une définition d'une personne absolument saine ?

Cette notion n'a pas de sens en génétique, pas plus que le terme même de « génome humain » d'ailleurs. Le grand public imagine qu'il existe un génome « normal », une référence par rapport à laquelle chaque individu présente des variations qui seraient la cause de ses tracés de santé. C'est inexact. Chaque population humaine a évolué au cours des millénaires dans des conditions environnementales spécifiques. Les variations génétiques que l'on constate entre elles n'ont donc rien à voir avec la santé mais avec leur histoire adaptative. On peut néanmoins imaginer de fabriquer un génome artificiel (sur ordinateur) qui serait une espèce de synthèse de tous les génomes humains existants et qui reprendrait, pour chaque gène, la version la plus fréquemment rencontrée dans l'ensemble de la population mondiale. Ce *Big Genome* représenterait un point au milieu des nuages de génomes formés par les différentes populations de la planète. Je suis persuadé qu'un jour pas si lointain on pourra réellement synthétiser un génome humain (on le fait déjà avec des bactéries dont l'ADN possède 5 millions de paires de base). Et le premier pourrait être ce *Big Genome*.

À quoi ressemblerait un être humain né avec un tel ADN ?

Il serait une sorte de métis absolu. C'est un peu comme si vous mélangiez tous les types humains en un seul coup. Au final, il serait inadapté partout puisqu'il ne posséderait aucune des

particularités génétiques permettant aux différents groupes humains de s'acclimater à leur environnement.

Depuis quelques années, les généticiens disposent d'un nouvel outil, le CRISPR-Cas9. De quoi s'agit-il et quels sont ses avantages ?

Il s'agit d'une technique d'édition génomique développée en 2012 (lire encadré) basée sur une enzyme de bactérie permettant de couper des brins d'ADN et de les recoller comme on le souhaite. Ce qui est nouveau, ce sont les performances : à la place de 1% d'efficacité obtenue avec les techniques traditionnelles, on arrive à 98% avec CRISPR-Cas9. Pour les chercheurs, c'est un progrès énorme. On peut tout faire plus rapidement et avec plus de précision. Du coup, les nouvelles possibilités explosent.

N'y a-t-il pas de risque qu'avec ce nouvel outil on parvienne plus facilement à modifier les embryons ?

Je n'y vois pas un risque mais des bénéfices potentiels. Du moment qu'il s'agit de corriger des défauts du génome avant l'implantation de l'embryon in utero, je ne vois vraiment pas où est le problème. Faire naître un bébé dont le génome aurait été réparé pour éviter l'apparition d'une ou de plusieurs maladies présente un double avantage. Cela protège l'enfant lui-même mais aussi ses propres enfants. Aujourd'hui, on procède à de la chirurgie sur des fœtus en cas de malformation. Mais ces petits patients conserveront leurs

gènes dysfonctionnels toute leur vie et risquent de les transmettre à leur propre descendance. Pourquoi ne pas autoriser la chirurgie génomique ?

Les progrès technologiques tels que le CRISPR-Cas9 nous permettront-ils d'améliorer des embryons et de donner naissance à des « surhommes » dotés de capacités physiques ou mentales augmentées ?

Avant de fabriquer un surhomme, il faut d'abord se rendre compte qu'il existe un certain nombre de contraintes dont on ne peut pas faire l'impasse. Nous avons par exemple cinq doigts, au grand dam de certains pianistes qui aimeraient en posséder davantage pour pouvoir jouer des pièces difficiles.

ENCODE, L'ENCYCLOPÉDIE DU VIVANT

Conçu comme le prolongement du Projet sur le génome humain, qui a abouti au séquençage complet du génome humain le 14 avril 2003, ENCODE (*Encyclopedia of DNA Elements*) vise à identifier tous les éléments fonctionnels du génome humain : le séquençage complet de l'ADN, l'identification des gènes, de leurs promoteurs (ce qui permet le démarrage de la transcription de l'ADN en ARN) et des régions régulatrices (celles qui activent, éteignent, amplifient l'activité des gènes) ; la méthylation de l'ADN, c'est-à-dire les groupes méthyle (CH₃) qui viennent se fixer sur l'ADN des gènes ou des parties régulatrices afin d'en moduler l'activité ; la production d'ARN par les gènes ; etc. Ces données sont récoltées pour une grande variété de tissus (foie, estomac, poumons, etc.), de lignées cellulaires immortelles ou encore de cellules souches appartenant à des humains (*Homo sapiens*), des souris (*Mus musculus*), des mouches (*Drosophila melanogaster* et *Drosophila pseudoobscura*) ou des vers (*Caenorhabditis elegans*).

« C'EST COMME SI L'ON INSTALLAIT LES SANITAIRES DE L'APPARTEMENT DU DIXIÈME ÉTAGE CÔTÉ NORD ALORS QU'À TOUS LES AUTRES ÉTAGES, ILS SONT CÔTÉ SUD »

DENIS DUBOULE, PROFESSEUR AU DÉPARTEMENT DE GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION (FACULTÉ DES SCIENCES)

Il se trouve que cette formule pentadactyle a été fixée il y a 380 millions d'années environ et que l'on ne peut plus la changer. Même le cheval qui n'en a plus qu'un seul passe par une phase à cinq doigts lorsqu'il est un embryon. Il n'y a aucun avantage évolutif à cela. Il se trouve simplement que ce nombre dépend de la surface disponible pour faire des doigts dans le champ à disposition qui pousse au bout des bras au cours du développement embryonnaire. Changer cet état de fait reviendrait à effectuer un grand nombre d'autres modifications. C'est un peu comme si l'on installait les sanitaires de l'appartement du dixième étage côté nord alors qu'à tous les autres étages, ils sont côté sud : cela demanderait des travaux démesurés. Selon la même logique, on ne peut pas imaginer pouvoir plier les doigts indépendamment dans les deux sens (quel que soit l'avantage que cela pourrait procurer). Il existe en effet dans notre plan de fabrication le plus fondamental une symétrie dorso-ventrale et antéro-postérieure qui est inchangeable à moins de revenir à des structures peu polarisées comme celle des oursins. On ne peut donc pas faire n'importe quoi.

Ne pourrait-on pas améliorer les performances de l'être humain sans pour autant changer sa structure générale ?

Nous sommes le résultat d'un équilibre obtenu après des millions d'années d'évolution et d'adaptations successives à des conditions environnementales changeantes. Nous sommes un assemblage de parties imparfaites qui font de nous un être adapté autant que possible à son environnement. L'un des résultats de ce continuel perfectionnement, c'est que chaque gène sert à des tâches différentes. Changer l'un d'entre eux aurait forcément une influence sur un ou plusieurs autres avec comme résultat une diminution

générale de notre fonctionnalité. On ne peut pas tout avoir. Par exemple, si vous désirez disposer d'une mémoire visuelle impressionnante, comme certaines personnes souffrant du syndrome d'Asperger, mais sans les problèmes associés à ce trouble, il faut bricoler un agrandissement de la surface corticale nécessaire pour stocker plus d'images sans toucher aux autres fonctions cérébrales. Cela implique une augmentation de la taille du cerveau, donc celle du crâne. Mais pour soutenir tout cela, il faut aussi changer l'os occipital, puis la colonne vertébrale et donc la stature générale. En d'autres termes, il s'agit de passer à un autre équilibre qui ne correspond plus à celui de l'être humain actuel.

Bref, vous ne croyez pas aux surhommes.

J'ai peu d'espoir. Ce à quoi on pourra arriver de mieux, selon moi, ce sont des *Homo sapiens* qui vivront jusqu'à 110-120 ans avec, peut-être, une qualité de vie équivalente à des individus de 75 ans aujourd'hui. Cela sans être particulièrement plus heureux et tout en dépendant des assurances sociales. Cela dit, il ne faut pas totalement rejeter l'idée que l'on puisse un jour comprendre le fonctionnement du génome au point de l'assimiler à une « cause adéquate » au sens spinoziste.

C'est-à-dire ?

C'est-à-dire une cause (le génome, dans le cas présent) dont la connaissance serait suffisante pour en déduire tous ses effets. En d'autres termes, certains chercheurs sont convaincus qu'en connaissant parfaitement l'ensemble des mécanismes génomiques, on pourrait en calculer le résultat. Il faut préciser que d'autres scientifiques estiment en revanche qu'entre le génome (la cause) et le phénotype (le résultat visible), il existe une couche supplémentaire constituée de « propriétés émergentes », imprévisibles et qui instillent une dose d'aléatoire dans le processus. Mais si tel n'était pas le cas et si le génome était une cause adéquate, alors on pourrait imaginer disposer d'ordinateurs et de programmes assez puissants pour calculer le ou les effets possibles d'un génome donné. Il serait possible de vérifier si notre génome, qui s'apparente à une équation mathématique gigantesque, accepte une solution alternative à celle que l'on connaît déjà. On pourrait également réaliser des simulations de développements embryonnaires après avoir opéré des mutations plus ou moins importantes dans le code de base et tester ainsi, toujours par ordinateur, si l'on peut obtenir quelque chose d'intéressant et de fonctionnel qui soit différent du résultat actuel. Inutile de préciser que nous en sommes encore loin.





SANTÉ PUBLIQUE

« LE GÉNOME MÉDICAL COUVRE 0,3% DE TOUT L'ADN. POUR L'INSTANT »

UNE CLINIQUE DU GÉNOME A OUVERT SES PORTES IL Y A DEUX ANS À GENÈVE. DESTINÉE À FAIRE BÉNÉFICIER LA POPULATION DES AVANCÉES EN MATIÈRE DE MÉDECINE GÉNÉTIQUE, ELLE SÉQUENCE L'ADN DE PATIENTS SOUPÇONNÉS DE SOUFFRIR DE MALADIES RARES ET PARVIENT À POSER UN DIAGNOSTIC POUR 40% D'ENTRE EUX

Il existe à Genève depuis 2014 une clinique du génome. On n'y soigne pas l'ADN, mais on le séquence à la recherche de mutations responsables de maladies génétiques. En trois ans, près de 450 personnes se sont déjà présentées à la porte de cette institution, pionnière en Suisse, hébergée par le Service de médecine génétique des Hôpitaux universitaires de Genève (HUG). Elles le font, car elles ont de forts soupçons de souffrir ou d'être porteuses d'une maladie dite mendélienne, ou monogénique, c'est-à-dire causée par la mutation d'un seul gène. Et leur démarche a de grandes chances de déboucher sur une réponse. Aujourd'hui, environ 40% des patients ressortent en effet de la consultation avec un diagnostic pour une de ces maladies génétiques rares. Un taux qu'il faut comparer aux 2 ou 3% d'avant le décryptage du génome humain en 2002 et qui est destiné à augmenter encore au cours des prochaines années, précise Stylianos Antonarakis, professeur au Département de médecine génétique (Faculté de médecine) et responsable de la clinique du génome.

Bénéficiant d'un environnement pluridisciplinaire (elle rassemble des médecins, des généticiens, des biologistes, des bio-informaticiens, des éthiciens, des économistes et même des juristes spécialisés dans le secteur de la santé), la clinique tente d'optimiser la prise en charge de chaque patient. En connaissant le défaut génétique précis, il existe parfois des traitements, comme c'est le cas pour la mucoviscidose contre laquelle deux médicaments bloquant l'activité du gène muté sont commercialisés. Lorsque la démarche ne donne aucun résultat, cela ne signifie pas forcément qu'il n'existe aucune

mutation génétique. Cette dernière peut très bien toucher un gène ou une région non codante mais régulatrice qui n'ont pas encore fait l'objet d'études assez poussées ou qui ne sont pas comprises dans le séquençage effectué à Genève.

« *Le succès de la clinique du génome ne fait qu'augmenter avec les années, explique Stylianos Antonarakis. De plus en plus de patients viennent nous consulter. Nous avons récemment convaincu l'Office fédéral de la santé publique de considérer le séquençage du génome – uniquement ses parties codantes, à savoir les gènes, pour être précis – comme un test faisant partie de la liste des analyses à effectuer chez des patients ayant une indication pour une maladie monogénique. Cela signifie que dans ces cas-là, cette analyse est remboursée par les assurances.* »

LA CLINIQUE DISPOSE DES DERNIÈRES TECHNIQUES DE SÉQUENÇAGE QUI PERMETTENT DE DÉCODER ET ANALYSER LES 20 000 GÈNES HUMAINS EN QUELQUES SEMAINES ET POUR SEULEMENT 1000 FRANCS

Séquençage haut débit La clinique dispose des dernières techniques de séquençage de l'ADN à haut débit qui permettent, à partir d'une prise de sang, de décoder et analyser les 20 000 gènes humains, soit 1,5% du génome entier, en quelques semaines et pour seulement 1000 francs. À titre de comparaison, il y a 15 ans, le premier génome d'*Homo sapiens* était publié après avoir englouti plus d'une

décennie de travail et un budget de 3 milliards de dollars. « *Sur ces 20 000 gènes, les chercheurs en ont pour l'instant identifié 3 880 qui, lorsqu'ils sont touchés par une mutation, provoquent des maladies, précise Stylianos Antonarakis. Il s'agit de certaines formes de troubles du développement, de retards mentaux, d'épilepsie, des troubles neurologiques, sanguins, rénaux, osseux, etc. Toutes les mutations des maladies monogéniques n'ont*



pas encore été trouvées, mais d'ici à cinq ans, je pense qu'elles le seront. Et le taux de diagnostic de la clinique du génome devrait augmenter en conséquence.»

Les pathologies monogéniques sont rares, leur prévalence allant d'un sur 2000 pour les plus fréquentes jusqu'à moins d'un sur 100 000. Mais leur cumul fait que quasiment toutes les familles présentent au moins une de ces mutations dans leur génome sans forcément développer la maladie. Si cette dernière est récessive, il faudrait en effet que les deux copies du gène en question (celle de la mère et celle du père) soient touchées pour qu'elle se déclare. En revanche, une seule mutation suffit dans le cas de maladies monogéniques dominantes (1800 ont été identifiées comme telles à l'heure actuelle).

La clinique du génome propose d'ailleurs également de dépister les mutations pathogènes chez les parents proches des patients afin de découvrir d'éventuels porteurs sains. Cette information s'avère en effet utile lorsqu'il s'agit de vérifier si deux partenaires désireux de faire des enfants ne présentent pas le risque de leur transmettre une maladie génétique.

«À Genève, le diagnostic génomique est réservé aux patients ayant une indication de maladie monogénique, précise Stylianos Antonarakis. Aux États-Unis, il existe en revanche

des compagnies privées qui, pour quelques milliers de dollars, proposent aux futurs parents le séquençage de leurs 20 000 gènes ainsi qu'une analyse permettant de vérifier si la combinaison de leur ADN ne comporte pas de risques pour le bébé. Cette pratique se répandra très probablement en Europe d'ici à moins de cinq ans, quand les coûts auront encore baissé.»

Pour le chercheur, du moment qu'elles sont accréditées par les autorités, ces sociétés sont fiables. Les contrôles de qualité sont en effet rigoureux et il est notamment exigé que chaque nucléotide soit « lu » au moins 50 fois par la machine. La puissance de ce test se limite néanmoins pour l'instant aux 3880 gènes connus pour être associés à des maladies monogéniques, même si ce chiffre est en constante augmentation. D'ici à cinq ans, le diagnostic prénatal non invasif, actuellement en essai dans le cadre de la recherche scientifique, devrait lui aussi entrer dans la pratique courante. Il est en effet possible d'effectuer un test génétique sur le futur bébé en analysant l'ADN du fœtus présent dans le sang de la mère. Il sera possible du même coup de se passer de l'amniocentèse, plus invasive et donc plus risquée.

Cancer Les progrès dans le séquençage et l'analyse du génome ne bénéficient pas seulement aux maladies monogéniques. Le cancer, par exemple, est une maladie impliquant

non pas une mais toute une série de mutations, souvent propres à chaque patient. Depuis quinze ans, de grandes études ont permis d'identifier, pour l'ensemble des types de tumeurs, les plus importantes de ces mutations, celles qui favorisent la survie ou la reproduction des cellules (elles sont appelées *driver mutations*). Il est désormais possible d'établir là aussi un diagnostic génétique pour chaque cas de

sang des patients. D'ici à quelques années, on pourra donc poser un diagnostic à l'aide d'une prise de sang et même détecter de manière précoce l'apparition de métastases.»

De manière plus générale, la génomique est un des moteurs principaux actuels de la médecine dite personnalisée. L'analyse de l'ADN permet notamment de prévoir la réponse d'un organisme à un traitement donné, du moins pour les médicaments les plus récents étant passés par des tests de pharmacogénomiques avant leur commercialisation. L'idée consiste à calculer les doses à administrer ou encore à identifier à l'avance les patients susceptibles de développer des réactions excessives.

Dans un futur relativement proche, les chercheurs espèrent également pouvoir exploiter l'ARN messager, qui est le produit de l'ADN et fait lui aussi partie de ce qu'on appelle le « génome fonctionnel » au sens large. L'analyse régulière du transcriptome pourrait ainsi fournir des informations précieuses sur les prédispositions ou la détection précoce de certaines maladies à composante génétique, comme le diabète de type II.

En attendant, l'ADN n'a pas encore révélé tous ses secrets, loin de là. Ce que les chercheurs appellent le génome médical, c'est-à-dire la portion de l'ADN humain qui permet une action médicale, se limite aujourd'hui à des mutations localisées sur quelques milliers de gènes, soit à environ 0,3% du génome. Mais le potentiel est beaucoup plus important que cela. Si l'on prend en considération l'ensemble des gènes (environ 20 000), tous les sites qui codent pour des petits brins d'ARN régulant l'expression des gènes (les micro-ARN, environ 7 000 séquences), toutes les régions qui régulent directement les gènes par contact (un million de sites au moins) ainsi que toutes les séquences qui sont conservées entre les individus, voire les espèces et dont la probabilité est forte pour qu'elles soient fonctionnelles, on obtient un génome médical qui pourrait potentiellement recouvrir environ 45% du génome (les 55% restants ont une probabilité plus faible de servir à quelque chose).

«*Je pense qu'il faudra encore au moins cinquante ans de recherches avant que l'on comprenne tout cela*», admet toutefois Stylianos Antonarakis.

AUX ÉTATS-UNIS, IL EXISTE DES COMPAGNIES QUI PROPOSENT AUX PARENTS LE SÉQUENÇAGE DE LEURS GÈNES AFIN DE VÉRIFIER SI LA COMBINAISON DE LEUR ADN NE COMPORTE PAS DE RISQUES POUR LE BÉBÉ

cancer. Les chercheurs comptent exploiter cette connaissance pour, bientôt, ajuster le choix des médicaments à utiliser pour chaque patient ou décider d'un changement de thérapie en cas de récurrence. Un certain nombre d'études allant dans ce sens sont en cours, notamment concernant les cancers du poumon et du côlon.

«*Le diagnostic moléculaire du cancer est d'ailleurs sur le point de connaître une véritable révolution*, note Stylianos Antonarakis. *Comme dans le cas de l'ADN fœtal, on peut détecter l'ADN anormal appartenant à des cellules tumorales dans le*

TEL PÈRE, TEL FILS?

L'ADN, UN FIL À REMONTER LE TEMPS

SI LA GÉNÉTIQUE EST ENCORE LOIN DE PERMETTRE À UN INDIVIDU DE RETROUVER SES ORIGINES, ELLE A DONNÉ UN SACRÉ COUP DE POUCE AUX ANTHROPOLOGUES EN PRÉCISANT CONSIDÉRABLEMENT L'HISTOIRE DU PEUPEMENT DE LA PLANÈTE

Vous souhaitez connaître vos origines géographiques, retrouver votre filiation ethnique ou déterminer si vous êtes d'ascendance juive? A priori rien de plus simple pour autant que vous consentiez à vous délester de quelques centaines d'euros afin d'acquérir un kit permettant de collecter votre ADN puis de patienter entre six et dix semaines, le temps de le faire analyser. C'est du moins ce que prétendent les nombreux sites qui fleurissent sur Internet en faisant miroiter ce genre de promesses.

Dans les faits, pourtant, les choses sont loin d'être aussi simples. Selon Alicia Sanchez-Mazas, professeure à l'Unité d'anthropologie du Département de génétique et évolution (Faculté de sciences), il n'est pas possible à ce jour de répondre précisément à de telles questions à partir du profilage génétique d'un individu. Chaque enfant qui vient au monde est en effet le fruit d'un assemblage particulier. À sa naissance il reçoit la moitié de son bagage génétique de chacun de ses parents, lesquels l'ont eux-mêmes hérité de multiples ancêtres n'ayant pas forcément vécu au même endroit et pouvant descendre à leur tour de populations très distinctes. À cela s'ajoute le phénomène d'enjambement chromosomique qui contribue à brasser les gènes à chaque génération. Si bien que, plus on remonte le temps, plus l'image devient floue et imprécise. Pour démêler un tel patchwork généalogique, il faudrait non seulement que les chercheurs disposent de la totalité du génome de l'individu concerné – ce qui ne pose plus, aujourd'hui, de difficulté particulière –, mais qu'ils soient également en mesure d'identifier de façon précise de quelle population ancestrale provient quelle portion, perspective qui, pour l'heure, reste largement illusoire.

« Ces tests ADN sont essentiellement basés sur la présence ou non chez les individus de certains variants génétiques particuliers (c'est-à-dire de sites ou de portions de l'ADN qui varient entre individus), explique Alicia Sanchez Mazas. Le problème, c'est qu'il n'existe pas de variants génétiques spécifiques à chaque population, même dans les peuplades les plus isolées. Le mieux que l'on puisse faire aujourd'hui, c'est d'estimer la probabilité qu'un individu provienne d'une population donnée au sein de laquelle ses variants génétiques seraient plus fréquents. »

Pour ne rien arranger, sur l'ensemble des variations génétiques observées dans l'espèce humaine, seule une petite proportion (environ 15%) permet de discriminer les populations. Le reste de la diversité génétique, la majorité (85%), se retrouve, quant à elle, au sein de toutes les communautés humaines. Autrement dit, tous les individus qui peuplent actuellement la planète partagent un « pool » génétique extrêmement important en regard de ce qui les distingue.

« À partir du profil génétique d'un unique individu, on peut donc reconstituer plusieurs histoires qui sont différentes, précise la chercheuse genevoise. À l'inverse, une histoire semblable peut être racontée à

propos de deux individus qui n'ont pas le même profil génétique. » Dans de telles circonstances, on comprend que la perspective de pouvoir déterminer un trait culturel, comme le fait d'avoir des origines juives par exemple, relève d'une démarche purement commerciale que peu de scientifiques sont aujourd'hui enclins à cautionner. Même des populations qui, pour des raisons socioculturelles, sont plus endogames que d'autres partagent en effet la majorité de leurs variants génétiques avec des populations géographiquement proches bien que culturellement très distinctes.

TOUS LES INDIVIDUS QUI PEUPELNT ACTUELLEMENT LA PLANÈTE PARTAGENT UN « POOL » GÉNÉTIQUE EXTRÊMEMENT IMPORTANT AU REGARD DE CE QUI LES DISTINGUE



Ce qui relève du fantasme à l'échelle individuelle devient en revanche une véritable discipline scientifique lorsqu'on choisit comme unité d'étude des groupes de personnes. La génétique des populations, puisque c'est de cela qu'il s'agit, a d'ailleurs accompli des progrès considérables depuis le décryptage du génome humain, il y a une quinzaine d'années. En s'appuyant notamment sur des banques de données toujours plus vastes et des programmes permettant des simulations informatiques, elle a ainsi pu valider un certain nombre de scénarios portant sur l'évolution de l'espèce humaine.

« Notre discipline est basée sur l'étude de la distribution géographique des variants génétiques et des changements de fréquences de ces variants au sein des populations au cours du temps, poursuit la chercheuse. De nombreux paramètres peuvent expliquer des différences que l'on détecte entre populations: les migrations, qui les répartissent à plus ou moins grande échelle sur le plan géographique, l'environnement, qui va sélectionner certains traits plutôt que d'autres parce qu'ils présentent un avantage adaptatif, ou encore la démographie. Lorsqu'un sous-groupe d'individus quitte son lieu d'origine pour aller s'installer plus loin, par exemple, il n'emporte avec lui qu'une partie du patrimoine génétique de la population de départ. » C'est en tenant compte de l'ensemble de ces facteurs que les chercheurs tentent de reconstituer l'histoire du peuplement humain depuis ses origines. Pour ce faire, ils sont aujourd'hui en mesure de tester différentes hypothèses par la modélisation en incluant

toutes sortes de paramètres moléculaires, géographiques, démographiques et environnementaux.

C'est sur la base des résultats apportés par ces nouveaux outils statistiques et informatiques que la plupart des spécialistes s'accordent sur le scénario selon lequel tous les humains modernes (l'espèce *Homo sapiens*) seraient issus d'un foyer unique situé quelque part en Afrique de l'Est. Une vision étayée par le fait que les populations de ce continent présentent aujourd'hui encore une plus grande diversité génétique que celles du reste du monde.

Selon l'hypothèse dominante, les choses se seraient passées ainsi: il y a 100 000 à 200 000 ans, la petite population d'origine des humains modernes – qui devait compter quelques dizaines de milliers d'individus tout au plus – aurait connu une importante phase d'expansion démographique. De petits groupes seraient ensuite successivement sortis d'Afrique pour partir à la conquête du monde. En chemin, ceux-ci auraient remplacé des populations humaines archaïques préexistantes (comme Néandertal) avec seulement quelques cas d'hybridation, hypothèse notamment soutenue par les récents travaux de Mathias Currat, maître d'enseignement et de recherche au sein du Département de génétique et évolution.

« Ces populations migrantes n'ont jamais cessé d'échanger des gènes entre elles au hasard des rencontres, complète Alicia Sanchez-Mazas. Les informations génétiques dont nous

disposons actuellement montrent que l'humanité n'a pas évolué en grands groupes séparés suivant des routes indépendantes pour donner naissance à différentes « races » – notion désuète qui ne trouve aucune justification d'un point de vue biologique. Il faut plutôt se figurer notre évolution comme un vaste réseau de migrations entre populations voisines qui s'est déployé progressivement à partir d'une origine unique à travers tous les continents et dont certains maillons se sont parfois retrouvés plus isolés que d'autres par la présence de barrières naturelles, ce qui a laissé des traces repérables dans les profils génétiques. »

Pour repérer ces fameuses traces au milieu de la vaste nébuleuse formée par les myriades de génomes humains, les chercheurs font appel à différents jeux de données. L'une des approches les plus répandues actuellement consiste à se focaliser sur le plus grand nombre possible de variants ponctuels du génome au sein de notre espèce (variations d'une seule paire de base ou *single nucleotide polymorphism*, SNP). Ceux-ci sont très fréquents puisqu'il en existe près de 3 millions entre deux personnes prises au hasard sur la planète. Ils sont distribués sur tout l'ADN génomique et touchent donc principalement les parties non codantes de cette molécule (les gènes codants ne couvrent en effet que 1,5% du génome).

L'analyse de plus d'un demi-million de SNP avait déjà porté ses fruits en 2008 lorsqu'une équipe de l'Université de Californie à Los Angeles avait dressé une carte génétique détaillée des Européens sur laquelle chaque individu participant à l'étude avait été projeté en fonction de son profil génétique. Or, cette carte génétique ressemblait comme deux gouttes d'eau à la carte géographique de l'Europe. Ce type d'analyse permet, par exemple, de déterminer de quelle population actuelle n'importe quel individu est le plus proche d'un point de vue génétique.

De son côté, l'équipe d'Alicia Sanchez-Mazas se concentre depuis de nombreuses années sur l'étude des gènes impliqués dans le système immunitaire et en particulier ceux du groupe HLA qui jouent un rôle crucial dans la défense contre les pathogènes et dans le processus de rejets de greffes. « Les gènes HLA – on en compte une dizaine – sont très utiles aux généticiens parce qu'ils sont extrêmement polymorphes, explique la chercheuse. Chacun d'eux possède un grand nombre de variants génétiques, parfois plusieurs milliers. »

Exploités en 2004 déjà pour retracer les migrations de population dans le Sud-Pacifique et en particulier sur l'île de

Taiwan (lire *Campus* n° 72), les gènes HLA ont également permis à l'équipe d'Alicia Sanchez-Mazas de reconstruire la carte de l'Europe – à l'instar des SNP génomiques – et de conforter l'hypothèse selon laquelle l'est de l'Asie aurait été colonisée par deux routes distinctes passant respectivement par le nord et par le sud de l'Himalaya.

L'étude des gènes HLA a, par ailleurs, permis de répondre à d'autres questions, nettement plus spécifiques, et pas uniquement en lien avec l'histoire des migrations. L'équipe d'Alicia Sanchez-Mazas a ainsi récemment mené une étude sur le variant B53 du gène HLA-B qui semble offrir à l'individu qui le possède une meilleure protection contre la

« IL FAUT SE FIGURER NOTRE ÉVOLUTION COMME UN VASTE RÉSEAU DE MIGRATIONS ENTRE POPULATIONS VOISINES QUI S'EST DÉPLOYÉ À PARTIR D'UNE ORIGINE UNIQUE À TRAVERS TOUS LES CONTINENTS »

malaria. « Nos conclusions montrent qu'il y a une forte corrélation entre la fréquence de ce variant et la prévalence de cette maladie infectieuse en Afrique, commente la chercheuse. Partant de là, ce qui nous intéresse désormais c'est de mieux comprendre les mécanismes moléculaires qui gouvernent l'évolution de cette partie si complexe du génome et d'arriver à expliquer comment le système immunitaire évolue dans les populations lorsqu'il est confronté à l'apparition d'un pathogène. »

LES EXPERTS

À LA RECHERCHE DE LA PREUVE INFINITÉSIMALE

MEURTRES, AGRESSIONS SEXUELLES, VOLS AVEC EFFRACTION, IDENTIFICATION DE DÉPOUILLE: L'ADN EST DEVENU UN AUXILIAIRE INCONTOURNABLE DE LA JUSTICE. EXPLICATIONS AVEC VINCENT CASTELLA, RESPONSABLE DE L'UNITÉ DE GÉNÉTIQUE FORENSIQUE DU CENTRE UNIVERSITAIRE ROMAND DE MÉDECINE LÉGALE, UNE UNITÉ QUI TRAITE PLUS DE 20 000 ÉCHANTILLONS CHAQUE ANNÉE

La justice est, paraît-il aveugle. Grâce aux progrès accomplis dans le domaine de la génétique depuis le tournant des années 2000, sa vue ne cesse pourtant de s'améliorer. À l'heure actuelle, il suffit ainsi de quelques jours aux experts de génétique forensique pour fournir le nom d'un suspect aux enquêteurs. Mieux, ils sont capables de le faire à partir de traces toujours plus infimes (à partir de quelques picogrammes d'ADN seulement) y compris lorsque l'échantillon contient des résidus d'ADN provenant de plusieurs individus. Exigeant précision et inventivité, ce travail est le lot quotidien de la vingtaine de spécialistes employés par l'Unité de génétique forensique, une structure rattachée au Centre universitaire romand de médecine légale (CURML) et dirigée par Silke Grabherr, professeure de la Faculté de médecine de l'UNIGE. L'empreinte génétique a été utilisée pour la première fois dans le cadre d'une affaire judiciaire au milieu des années 1980 dans le cadre du viol et du meurtre de deux filles de Narborough, dans le centre de l'Angleterre. Avec succès puisque cette méthode a non seulement permis d'innocenter un suspect accusé à tort, mais également de confondre le coupable, qui dort depuis en prison.

Basé sur l'échantillonnage de séquences du code génétique hautement variables (les minisatellites), le procédé, inventé par le biologiste moléculaire britannique Alec Jeffreys,

repose sur l'idée que si un échantillon de cellules présente une empreinte génétique similaire à celle d'un individu donné, on peut soutenir que ces cellules proviennent soit de cet individu, soit d'un éventuel jumeau monozygote.

«*La technologie utilisée à l'époque était très différente de celle dont on dispose aujourd'hui*», note Vincent Castella, responsable de l'Unité de génétique forensique du CURML. *Il fallait alors*

utiliser des mécanismes d'hybridation assez lourds et on ne disposait pas encore du moyen de dupliquer in vitro et en grand nombre (avec un facteur de l'ordre du milliard) une séquence d'ADN à partir d'une faible quantité d'acide nucléique comme c'est le cas aujourd'hui grâce à l'amplification par polymérase (PCR).» Comparés aux empreintes génétiques d'Alec Jeffreys, les profils ADN actuels présentent par ailleurs le double avantage d'être facilement reproductibles en laboratoires et de produire des résultats peu volumineux – donc faciles à manipuler à l'intérieur de bases de données.

La Suisse, de son côté, s'est lancée dans la course en juillet 2000, lorsqu'elle a décidé de créer une

banque nationale de profils ADN utilisant une dizaine de marqueurs, système qui a perduré une dizaine d'années.

«*Depuis 2010, tous les pays membres de l'Union européenne sont tenus de faciliter l'échange de ce type d'informations au nom de la collaboration policière et de l'entraide judiciaire*», explique Vincent Castella. *Cette évolution était notamment nécessaire*

«DEPUIS 2010, TOUS LES PAYS DE L'UNION EUROPÉENNE SONT TENUS DE FACILITER L'ÉCHANGE D'INFORMATIONS GÉNÉTIQUES AU NOM DE LA COLLABORATION POLICIÈRE ET DE L'ENTRAIDE JUDICIAIRE»



parce qu'en s'en tenant à une dizaine de marqueurs, compte tenu de l'accroissement du nombre de données mises en commun – plus de 10 millions de profils ADN à l'échelle de l'Europe –, le risque de tomber sur des correspondances fortuites devenait plus important.»

La norme est depuis fixée à une quinzaine de marqueurs choisis dans la partie non codante du génome et qui sont identiques dans l'ensemble des pays de l'Union européenne ainsi qu'en Suisse. «*Ce nombre, poursuit le chercheur, est le fruit d'un compromis entre le besoin de limiter les correspondances fortuites et celui de disposer d'une information qui reste rapidement disponible.*»

Alimentée par les sept laboratoires de génétique forensique suisses, la banque nationale de profils ADN compte, début 2017, quelque 250 000 références, ce qui, en regard de sa population, place notre pays dans le top 10 européen. On y trouve les profils réalisés à partir de frottis buccaux de suspects et de condamnés ainsi que ceux provenant d'échantillons « anonymes » de sang, de salive ou de sperme prélevés par la police sur les lieux d'infraction. Chaque personne perdant de minuscules lambeaux d'épiderme chaque fois qu'elle saisit un objet ou qu'elle touche un autre individu, s'y ajoutent de nombreuses traces dites « de contact ».

Représentant 85 % des échantillons actuellement traités par le CURML, ces traces sont autant d'indices susceptibles d'aider les enquêteurs dans leur tâche. La difficulté, c'est de les faire parler. Car ces résidus sont souvent infimes – une dizaine de cellules peuvent aujourd'hui suffire à l'analyse – et il arrive fréquemment qu'ils ne soient pas purs, l'échantillon contenant des éléments appartenant à plusieurs personnes.

Dans un tel cas de figure, plusieurs options s'offrent aux généticiens forensiques. Si le mélange contient beaucoup d'ADN féminin et peu d'ADN masculin, comme

c'est souvent le cas lors d'une agression sexuelle, il est possible d'exploiter uniquement des marqueurs situés sur le chromosome Y. Une alternative développée actuellement par l'équipe de Vincent Castella consiste à séparer l'ADN des spermatozoïdes de celui des cellules épithéliales de la victime avant la prise de l'échantillon en marquant les premiers à l'aide d'anticorps. À l'inverse, l'analyse peut aussi être ciblée sur le chromosome X ou l'ADN mitochondrial quand il s'agit de rechercher une lignée maternelle.

Lorsque l'ADN est de mauvaise qualité ou en trop faible quantité, les chercheurs ont par ailleurs la possibilité d'exploiter des profils partiels avec une précision qui ne cesse de croître.

«*En utilisant un nouveau marqueur identifié par notre unité (les DIP-STR), nous sommes désormais capables de retrouver des*

L'UNITÉ DE GÉNÉTIQUE FORENSIQUE FOURNIT CHAQUE SEMAINE UNE QUARANTAINE DE NOMS DE SUSPECTS AUX ENQUÊTEURS ROMANDS

contributeurs très minoritaires dans un mélange de deux ADN, ce qui est difficile avec les marqueurs classiques, explique Vincent Castella. Habituellement, si l'ADN d'une personne représente moins de 5 à 10% de la quantité totale d'ADN présent dans l'échantillon, il reste en effet invisible aux yeux des chercheurs. Avec cet outil spécifique, on abaisse ce seuil à moins de 0,1%, ce qui augmente considérablement la sensibilité de nos analyses.»

Au final, environ la moitié des échantillons qui parviennent au Centre universitaire romand de médecine légale contiennent suffisamment de matériel génétique pour être exploités. Après analyse, les traces anonymes sont identifiées dans un cas sur deux, l'Unité de génétique forensique fournissant chaque semaine une quarantaine de noms de suspects aux enquêteurs romands.

«Les techniques que nous utilisons permettent, dans l'immense majorité des cas, de fournir des éléments probants à la justice, précise Vincent Castella. Cela étant, ce n'est pas le travail du généticien de déterminer qui est à l'origine de la trace. C'est au magistrat de le faire. Notre mission consiste à livrer une interprétation probabiliste qui détermine dans quelle mesure nos résultats analytiques soutiennent l'hypothèse selon laquelle le suspect est à l'origine de la trace plutôt qu'une autre personne.»

Quant à la perspective de pouvoir dresser un jour un portrait-robot à partir d'une trace génétique, elle reste pour

l'heure relativement lointaine. D'une part, parce que la législation suisse interdisait jusqu'à l'an dernier d'utiliser l'ADN pour déterminer des «caractéristiques propres à la personne», c'est-à-dire des informations relatives à son apparence et à ses prédispositions aux maladies.

De l'autre, parce que le domaine est complexe dans la mesure où la taille, la couleur des cheveux ou la pigmentation de la peau sont des traits contrôlés par un grand nombre de gènes qui, individuellement, ont peu d'effet. Cependant un certain nombre d'associations, parfois assez fortes, ont pu être établies ces dernières années entre des caractéristiques physiques et des marqueurs génétiques. Une doctorante de l'Unité de génétique forensique travaille d'ailleurs sur l'estimation de l'âge à partir de marqueurs situés sur le chromosome Y, certains sites ayant des taux de méthylation qui varient avec l'âge.

«Une fois encore, l'idée n'est pas de pouvoir un jour arrêter un individu possédant un phénotype particulier mais d'aider la police à limiter autant que possible le nombre de suspects dans une affaire donnée, explique Vincent Castella. C'est une approche qui génère encore certaines réticences autant dans la classe politique que dans l'opinion publique. Pourtant, il ne s'agirait en fin de compte que d'une forme de témoignage moléculaire, qui plus est, associé à une probabilité.»

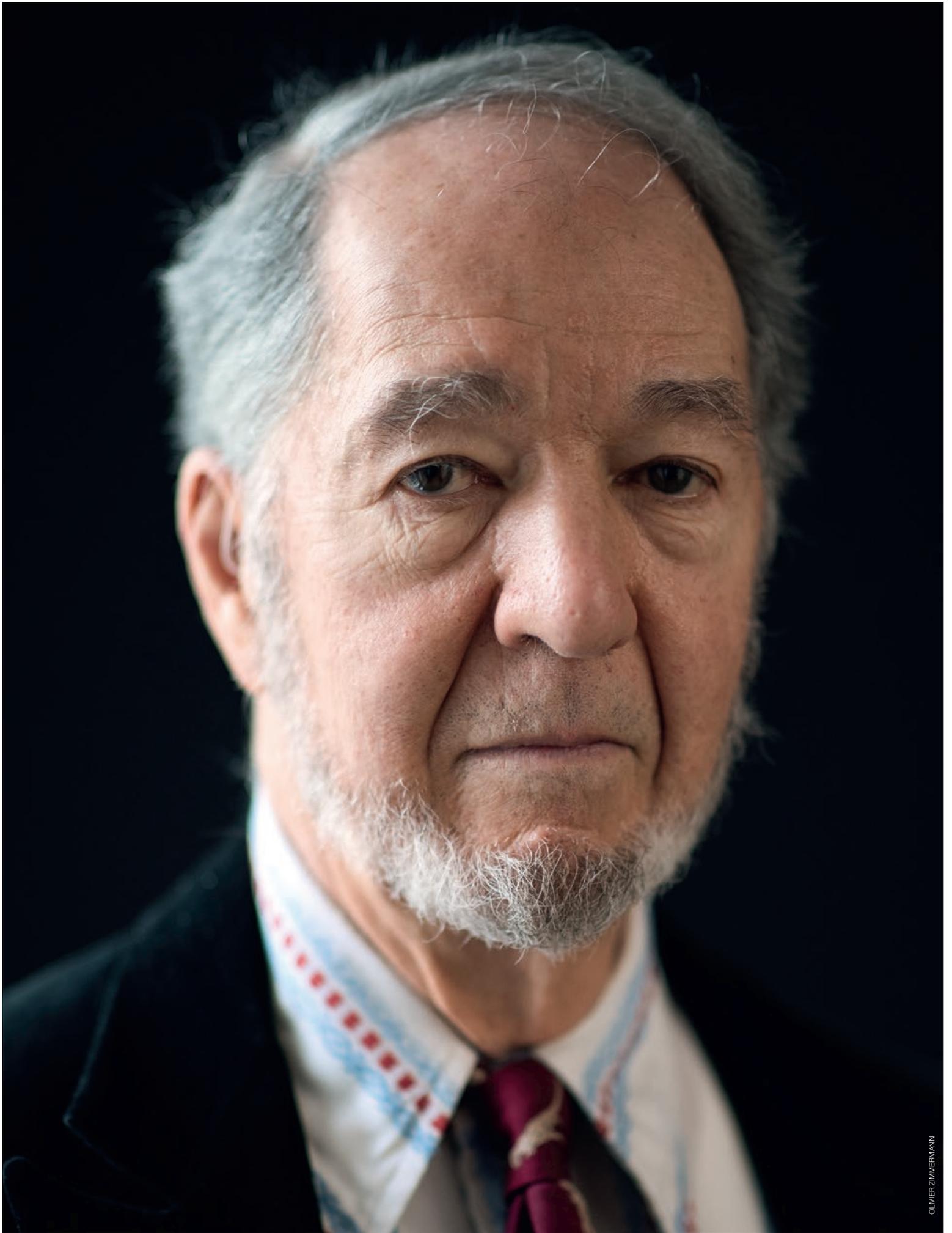
LA QUÊTE DU PÈRE

En plus de ses activités liées aux affaires judiciaires (lire ci-dessus), l'Unité de génétique forensique du Centre universitaire romand de médecine génétique (CURML) effectue chaque année près de 300 expertises en liens de parenté dont une grande majorité concerne des tests de paternité. Contrairement à ce qui se passe dans un certain nombre de pays voisins, dont la France, la législation suisse autorise en effet les personnes privées à entreprendre des démarches pour tester des liens de parenté en utilisant les ressources de la génétique.

La loi stipule toutefois que toutes les personnes concernées doivent donner au préalable leur consentement écrit et se présenter en personne au laboratoire agréé qui effectue le prélèvement. «Cette mesure permet d'éviter que des tests ne soient effectués à l'insu d'une personne, à partir d'un mégot de cigarette ou d'une couche usagée, par exemple, comme le proposent certains sites sur Internet», précise Vincent Castella, responsable de l'Unité de génétique forensique du CURML. Quant à la méthode utilisée, c'est, grosso modo, la même que pour

l'identification judiciaire. Après prélèvement d'un frottis buccal, ce sont les mêmes marqueurs génétiques qui sont utilisés pour dresser le profil des personnes concernées. Ceux-ci sont ensuite comparés, dans le cas des paternités, si la moitié des éléments au moins sont communs, le père présumé n'est pas exclu comme étant le père biologique de l'enfant. «Comme dans les affaires judiciaires, nous utilisons toujours une approche probabiliste pour exprimer nos résultats, poursuit le généticien. Nous déterminons le degré de probabilité d'obtenir un

tel résultat selon qu'on considère que l'individu concerné est bien le père ou qu'il ne l'est pas. Selon la jurisprudence actuelle, nous pouvons conclure que la paternité est pratiquement prouvée lorsque cette probabilité est supérieure à 99,8%.» Que la réponse soit positive ou négative, les résultats de l'expertise sont envoyés par courrier aux personnes concernées ou transmises aux autorités compétentes. En cas de question, les mandants ont la possibilité de s'adresser au CURML pour des compléments d'informations.



« LES SOCIÉTÉS TRADITIONNELLES M'ONT APPRIS L'ART DE LA PARANOÏA CONSTRUCTIVE »

AUTEUR DE LIVRES
À SUCCÈS TRAITANT
NOTAMMENT DU DESTIN
ET DE L'EFFONDREMENT
DES SOCIÉTÉS HUMAINES,
LE GÉOGRAPHE AMÉRICAIN
JARED DIAMOND ÉTAIT
INVITÉ CET AUTOMNE À
L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE
POUR TÉMOIGNER DE
CE QUE LES SOCIÉTÉS
TRADITIONNELLES PEUVENT
NOUS ENSEIGNER

À 79 ans, Jared Diamond tient la forme. Professeur de géographie à l'Université de Californie à Los Angeles, mondialement connu pour ses ouvrages de vulgarisation (*De l'inégalité parmi les sociétés*, prix Pulitzer 1998, et *Effondrement*), il poursuit son enseignement et ses recherches et compte même retourner prochainement en Nouvelle-Guinée, sur son terrain de prédilection. Dans son dernier livre (*Le Monde jusqu'à hier* paru en 2013 pour la traduction française), il s'intéresse à ce que les sociétés traditionnelles ont à nous apprendre. C'était également le sujet de la conférence qu'il a donnée à Genève cet automne à l'occasion de la présentation des lauréats des prix Latsis universitaires. Entretien.

Campus : Qu'est-ce que notre société peut apprendre des sociétés traditionnelles ?

Jared Diamond : Nous sommes certes très en avance dans un certain nombre de domaines tels que les armes, la technologie, les moyens de transport ou de communications. Mais en ce qui concerne les problèmes humains comme l'éducation des enfants, la santé, la résolution de conflits ou encore la gestion du danger, les sociétés traditionnelles ont beaucoup à nous apprendre.

La gestion du danger ?

Aux États-Unis, la population se méprend en général sur les dangers qui la guettent. Au cours d'un de mes séjours en Nouvelle-Guinée

dans les années 1950, je me suis rendu sur la crête d'une montagne pour observer les oiseaux. Là-haut, j'ai voulu monter ma tente au pied d'un gigantesque arbre. Mes guides papous ont commencé à s'agiter : l'arbre en question était mort, il était dangereux, selon eux, de dormir dessous. Quel était le risque, me suis-je demandé, que cet arbre s'écroule sur moi précisément cette nuit ? Un sur mille ? J'ai décidé que la peur

« J'AI DÉCIDÉ QUE LA PEUR DE MES COMPAGNONS ÉTAIT EXCESSIVE ET J'AI DORMI SOUS L'ARBRE MORT. EUX, 150 MÈTRES PLUS LOIN »

de mes compagnons était excessive et j'ai dormi sous l'arbre. Eux, 150 mètres plus loin.

Et alors ?

L'arbre n'est pas tombé mais, depuis, j'ai remarqué que dans la forêt, on entend tous les jours et toutes les nuits tomber des arbres morts. En fait, la chute d'arbres représente une des causes de morts et de blessures les plus fréquentes dans cette région. Les Guinéens connaissent bien ce risque et prennent soin de minimiser leur exposition à ce type de danger.

Qu'en avez-vous tiré comme enseignement ?

J'ai développé ce que j'appelle une paranoïa constructive. Je suis devenu très prudent avec les choses qui, dans ma société, représentent le plus de danger. Je ne parle pas du terrorisme, des accidents nucléaires, des crashes d'avions ou encore des organismes génétiquement modifiés qui sont en tête des préoccupations de mes concitoyens. Ces événements exceptionnels marquent l'imagination parce qu'ils sont hors de notre contrôle et sont susceptibles de tuer un grand nombre de personnes à la fois. Mais le risque individuel d'en périr est minime. Le plus dangereux dans notre vie, ce sont les accidents domestiques et de voitures, la consommation d'alcool, de tabac ou de nourriture trop riche, etc. Des risques que nous avons l'illusion de maîtriser mais qui tuent beaucoup plus. Ce que les Guinéens m'ont appris, c'est de ne pas me préoccuper des terroristes ou des accidents nucléaires mais de me méfier, par exemple, de la chute, première cause d'infirmité, voire de décès, chez les personnes de mon âge. Le moment de la journée où je risque le plus ma vie est celui où je prends ma douche quotidienne. La salle de bains est en effet l'endroit le plus propice à une glissade.

Les sociétés traditionnelles peuvent nous apprendre à rester en bonne santé, dites-vous. Mais notre espérance de vie est beaucoup plus élevée que la leur ?

Il est vrai qu'en Europe ou aux États-Unis le risque de mourir au moment de la naissance, de malnutrition, de maladies infectieuses ou de violence est moins grand qu'en Nouvelle-Guinée. Cela dit, les principales causes de décès en Occident sont les maladies non transmissibles comme le diabète, le cancer ou les maladies cardiovasculaires. Il se trouve que ces pathologies sont pratiquement inexistantes dans

les sociétés traditionnelles. Principalement en raison de leur mode de vie qui comprend beaucoup d'exercices et un régime dépourvu de sel, de sucre ou de gras. Les habitants de ces sociétés traditionnelles ne sont jamais en surcharge pondérale et sont beaucoup plus vigoureux que nous. Sur ce point, ils ont donc davantage de choses à nous apprendre que l'inverse.

« CETTE MULTIPLICATION D'ÉTATS EN CONCURRENCE LES UNS AVEC LES AUTRES A MARQUÉ L'HISTOIRE DE L'EUROPE TOUT EN FAVORISANT LE DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES ET DES TECHNOLOGIES »**Les sociétés traditionnelles ont-elles développé une façon de résoudre les conflits qui pourrait nous être utile ?**

Oui, mais je pense aux conflits personnels – les sociétés traditionnelles n'hésitent pas à se faire la guerre entre elles. Aux États-Unis, en cas de divorce ou d'accident de voiture, par exemple, le système judiciaire ne cherche pas à réconcilier les protagonistes mais à savoir qui a raison et qui a tort. Résultat : dans mon pays, lorsque vous passez par la case justice, vous en sortez en général avec un sentiment de colère qui dure jusqu'à la fin de votre vie. En Nouvelle-Guinée,

en revanche, tous les efforts visent à rétablir des relations normales entre les personnes concernées qui vont devoir de toute façon continuer de vivre dans le même village jusqu'à la fin de leur vie. Une telle « justice réparatrice », inspirée notamment des sociétés amérindiennes, est actuellement importée dans les pays occidentaux pour tenter de réconcilier des personnes divorcées et même des meurtriers avec les familles de leurs victimes. Il en résulte une chute des taux de récidive et les victimes ressentent moins de colère.

Vous connaissez particulièrement bien la Nouvelle-Guinée. Y êtes-vous allé souvent ?

Je m'y suis rendu une trentaine de fois. La première fois en 1964, à peine trente ans après la découverte des régions centrales de l'île par les Européens. Objectivement, la Nouvelle-Guinée est l'endroit le plus intéressant du monde. Quand vous êtes allé là-bas une fois, le reste du monde vous paraît ennuyeux. Il s'agit de la deuxième plus grande île de la planète après le Groenland. Située entre l'Équateur et l'Australie, elle compte des montagnes culminant à 5000 mètres d'altitude et de la forêt vierge. On y trouve les oiseaux les plus beaux du monde et pas moins de 1000 tribus différentes y habitent parlant presque autant de langues.

D'où vient une telle diversité ?

Les montagnes et les vallées assez escarpées tendent à isoler les villages les uns des autres. Par ailleurs, la Nouvelle-Guinée n'a jamais été politiquement unifiée. L'Europe dans son ensemble l'a été au temps de l'Empire romain déjà. Lorsqu'un tel phénomène se produit, le gouvernement en place tente d'imposer ou du moins de promouvoir la langue principale du pays. Il y a 2000 ans, par exemple, il est probable qu'en Suisse, il existait une centaine de



AFP / GERALD CUBITT / BETA PHOTOS

langues, un peu comme en Nouvelle-Guinée aujourd'hui. Mais en raison de l'unification politique, il n'en reste aujourd'hui plus que quatre officielles (sans compter les quelques patois survivants).

N'avez-vous jamais été intéressé par l'étude des sociétés traditionnelles helvétiques ?

Pas dans le détail, mais la Suisse est un pays très intéressant. Regardez le Rhône qui coule par Genève. Il se dirige vers le sud et la mer Méditerranée. À Bâle, le Rhin s'écoule vers le nord. Le Danube s'en va en direction de la mer Noire. Le Pô vers l'Adriatique. Tous ces fleuves, qui prennent leur source dans les Alpes, s'écoulent dans des directions opposées. Comme je l'explique dans un de mes livres, ils tendent à séparer l'Europe en des unités politiques distinctes et contribuent à compliquer la

formation de l'union de l'Europe. Cette multiplication d'États en concurrence les uns avec les autres a marqué l'histoire du continent tout en favorisant le développement des connaissances et des technologies.

Comptez-vous retourner en Nouvelle-Guinée ?

Oui. La Nouvelle-Guinée est une des dix régions du monde qui ont inventé l'agriculture il y a plusieurs millénaires. Mais contrairement à ce qui s'est passé dans le Croissant fertile, en Chine, au Mexique ou au Pérou, ce bouleversement majeur n'a pas débouché sur la création d'un État ou d'un Empire. Le même phénomène s'est déroulé d'ailleurs aussi dans le sud-est des États-Unis et en Afrique. J'ai démarré un projet de recherche sur ce sujet en 2016 pour comprendre pourquoi les choses évoluent dans

un sens ou dans un autre. Et c'est dans ce cadre que je retournerai en Nouvelle-Guinée au mois de septembre.

Vous ne semblez pas très intéressé par la perspective d'une prochaine retraite...

J'ai appris qu'en Suisse, on force les chercheurs à partir à la retraite à 65 ans. À mon sens, il n'y a pas de meilleur moyen pour ruiner un pays. À 65 ans, un chercheur atteint le pic de sa carrière. Il a davantage d'expérience que jamais auparavant, plus de temps libre et de contacts, etc. Cette limite existait aussi aux États-Unis, mais elle a été supprimée il y a quelques décennies et aujourd'hui, à mon âge, j'estime que mon enseignement est à son apogée. Selon moi, de telles lois sont insensées. La Suisse devrait elle aussi les abolir.

Propos recueillis par Anton Vos



UNE PASSION POUR CES PETITES BÊTES QUI NOUS POURRISSENT LA VIE

ROBERT WATERHOUSE

A DISPENSÉ CET HIVER À DES ÉTUDIANTS ET JEUNES CHERCHEURS D'AFRIQUE DU SUD UNE FORMATION DESTINÉE À DÉCHIFFRER, CORRIGER ET EXPLOITER LES GÉNOMES D'INSECTES. LE TOUT DANS LE CONTEXTE D'UN PAYS ENCORE MARQUÉ PAR LES INTENSES CONTESTATIONS ESTUDIANTINES DE 2015 ET 2016

Trois jours avant d'arriver en Afrique du Sud, Robert Waterhouse n'est pas encore certain de pouvoir donner le premier cours du programme de formation en génomique qu'il a mis des mois à mettre sur pied depuis Genève. Le campus de l'Université du Cap-Occidental, une des étapes du chercheur du Département de médecine génétique et développement (Faculté de médecine) dans son périple de cinq semaines, est en effet secoué par les ultimes répliques de la vaste contestation estudiantine (baptisée *#FeesMustFall*) qui a perturbé le fonctionnement de toutes les universités du pays ces deux dernières années. Des poubelles y ont été incendiées par des étudiants en colère pas plus tard que la semaine précédente. On est en novembre. Les fêtes de fin d'année approchent. Peut-être apporteront-elles un peu d'apaisement.

«*Finale*ment, tout s'est bien passé, rassure Robert Waterhouse, qui est également membre de l'Institut suisse de bioinformatique. *J'ai pu commencer mon programme comme prévu. Le seul changement que j'ai dû opérer a été de fusionner en un seul les deux modules de formation que j'avais*

prévus dans les Universités de Johannesburg et de Pretoria et de trouver, par précaution, une salle à l'extérieur des campus en question. Le nombre de participants a également été moins élevé que prévu parce que les manifestations ont entraîné le déplacement dans certaines universités des examens de novembre à janvier. Dans la plupart des autres institutions, dès la mi-décembre, c'était déjà les grandes vacances – en Afrique du Sud, l'année académique suit l'année civile – aussi bien pour les étudiants que pour les chercheurs.»

Le mouvement *#FeesMustFall* a été déclenché par l'annonce en octobre 2015 d'une augmentation de plus de 10% des taxes universitaires. Née à l'Université de Johannesburg, la contestation s'est ensuite rapidement répandue à celle du Cap avant de toucher tous les autres établissements du pays. La décision du gouvernement de renoncer à l'augmentation a fait retomber la pression, mais celle-ci a repris l'ascenseur quelques mois plus tard lorsque le ministre de l'Éducation annonce en août 2016 une hausse des frais d'inscription de 8% pour l'année suivante, tout en laissant les universités libres d'appliquer cette mesure à leur guise.



AFP / BIOSPHOTO / ROGER FENTICA

MOUSTIQUE TIGRE, VECTEUR DE NOMBREUSES MALADIES HUMAINES, DONT LA DENGUE ET LE VIRUS ZIKA. SON GÉNOME A ÉTÉ ENTIÈREMENT DÉCRYPTÉ ET DÉPOSÉ DANS LA BANQUE DE DONNÉES PUBLIQUE VECTORBASE

Le problème, c'est qu'une importante proportion de Sud-Africains vit d'emplois informels, c'est-à-dire sans contrat et encore moins de stabilité (le chômage pointe à 27%). Dans ces conditions, il est souvent ardu pour les étudiants d'apporter la preuve que leur famille n'a pas les moyens de payer la taxe et qu'ils ont le droit de bénéficier d'une aide étatique. S'ils y arrivent malgré tout, mais qu'ils décrochent un petit travail en cours d'études pour vivre, ils risquent de devoir s'acquitter de la somme l'année suivante à cause de ce revenu. Certains sont alors contraints d'arrêter leurs études. De plus, selon Robert Waterhouse, les fonds destinés aux études sont, dans leur ensemble, extrêmement mal gérés.

Dans ce contexte, introduire une hausse des taxes plutôt que de mettre de l'ordre dans le système universitaire et augmenter le budget national de l'éducation a suffi pour mettre le feu aux poudres. La situation s'est enflammée d'autant plus facilement que la hausse des frais d'inscription n'est pas la seule à provoquer la colère des étudiants. Un autre mouvement, baptisé *#RhodesMustFall*, s'attaque en effet depuis début 2015 déjà à la figure historique de Cecil Rhodes, symbole de la colonisation et de la suprématie blanche. Située à l'entrée du campus de l'Université du Cap, la statue de l'ancien

magnat des mines et fondateur de la Rhodésie est déboulonnée en avril 2015.

Pour ne rien arranger, une troisième vague de contestation répondant au mot d'ordre

INTRODUIRE UNE HAUSSE DES TAXES PLUTÔT QUE D'AUGMENTER LE BUDGET NATIONAL DE L'ÉDUCATION A SUFFI POUR METTRE LE FEU AUX POUDRES

#ScienceMustFall a également vu le jour, bien qu'elle soit plus marginale que les deux précédentes. Cette fois-ci, c'est la science elle-même qui est prise pour cible et accusée d'être trop « occidentale » et de ne pas assez intégrer les savoirs africains.

« Toutes ces attaques – contre les taxes universitaires, contre la colonisation, contre la science – sont en réalité l'expression d'un profond sentiment de frustration des étudiants sud-africains, précise



Afrique du Sud

Indépendant du Royaume-Uni depuis 1910, le pays met en place le régime ségrégationniste de l'Apartheid en 1948. Il est abandonné en 1991.

Population : 55,6 millions d'habitants

Superficie : 1,22 million de km²

Président : Jacob Zuma, ANC (depuis 2009)

Ministre de l'Éducation supérieure : Blade Nzimande (depuis 2009)



ÉTUDIANTS DE L'UNIVERSITÉ TECHNOLOGIQUE DE VAAL MANIFESTANT LORS DU MOUVEMENT DE CONTESTATION «FEES MUST FALL»

Robert Waterhouse. *Nelson Mandela, l'ancien président de l'Afrique du Sud et icône de la victoire contre l'Apartheid, avait promis un monde meilleur et des opportunités pour tous. Mais si les choses avancent, elles vont trop lentement pour beaucoup. Je comprends les étudiants mais au lieu de manifester contre les autorités des universités, ils devraient plutôt diriger leur colère contre le gouvernement et le président actuel Jacob Zuma. Les causes de leurs problèmes sont à chercher dans la corruption qui gangrène les hautes sphères du pays.*»

Ce sont toutefois des nuisibles d'une tout autre espèce qui ont amené Robert Waterhouse en Afrique du Sud. Le chercheur, qui a grandi dans le royaume voisin du Swaziland et réalisé ses études en Angleterre avant de s'installer à Genève, est en effet spécialisé depuis plusieurs années dans le séquençage de génomes d'insectes connus pour véhiculer des pathogènes, comme les moustiques et les tiques, ou pour leur capacité à ruiner des récoltes, comme diverses chenilles et coléoptères.

«*Cette passion pour les petites bêtes vient peut-être du fait que j'ai été élevé dans une ferme du Lowveld du Swaziland, là où, au milieu d'une faune très riche, les moustiques m'ont particulièrement impressionné, raconte le chercheur. Non seulement parce qu'ils piquent et créent cet insupportable vrormissement constant, mais aussi en raison du fait qu'ils transmettent la malaria, une maladie que j'ai contractée deux fois durant mon enfance.*»

De nombreux chercheurs sud-africains travaillent depuis longtemps sur les insectes

locaux transmettant des maladies aux humains et au bétail ou occasionnant des dommages aux cultures, en particulier celle de la vigne. Seulement, il s'agit surtout de biologistes de terrain, peu familiers avec les nouveaux outils de génomique.

«*Moins de 10% des participants à mon programme avaient déjà consulté VectorBase ou utilisé Apollo, souligne Robert Waterhouse. Le premier est une base de données incontournable*

«TOUTES CES ATTAQUES – CONTRE LES TAXES UNIVERSITAIRES, CONTRE LA COLONISATION, CONTRE LA SCIENCE – SONT EN RÉALITÉ L'EXPRESSION D'UN PROFOND SENTIMENT DE FRUSTRATION DES ÉTUDIANTS SUD- AFRICAINS»

et publique de génomes d'arthropodes ayant un impact sur la santé humaine et le second est le principal logiciel de visualisation, d'annotation et de correction des séquences d'ADN. Ces deux outils font partie de mon travail quotidien. Sans eux, ou des instruments similaires, il est impossible

d'exploiter les génomes produits automatiquement par des machines.»

Et, avec la baisse vertigineuse du coût du séquençage, ce n'est qu'une question de temps avant que tous les génomes des insectes propres à l'Afrique du Sud et présentant un intérêt pour la société soient entièrement séquencés. Il est donc inévitable que les biologistes du pays soient amenés à exploiter les gènes de ces animaux en raison de leur importance dans l'agriculture et la santé publique.

C'est donc pour participer à leur formation que Robert Waterhouse a mis sur pied son projet, soutenu financièrement par une bourse octroyée par l'International Society of Biocuration. Pour compléter le budget, il a également fait appel à un site spécialisé dans le financement participatif (*crowdfunding*) permettant aux étudiants et aux chercheurs sud-africains de participer gratuitement à ses cours et séances de travaux pratiques.

«*Tout le monde a été très satisfait du programme, affirme le chercheur. L'Université de Pretoria m'a même déjà demandé de revenir en mars. Je suis invité à participer à une annotation jamboree, ce qui signifie en clair que je vais utiliser durant une semaine entière le logiciel Apollo sur le génome d'une guêpe parasite vectrice d'un champignon pathogène qu'une équipe locale est en train de séquencer.*»

Anton Vos

CHARLES BAUDOIN, L'HOMME SANS FRONTIÈRES

FORMÉ À LA MÉTHODE COUÉ, LE PSYCHOLOGUE D'ORIGINE FRANÇAISE A INTRODUIT À GENÈVE LES TECHNIQUES D'AUTOSUGGESTION TOUT EN CULTIVANT SON ATTACHEMENT AUX IDÉAUX EUROPÉENS ET SON GOÛT POUR LA LITTÉRATURE

« **L**e pire ennemi n'est pas en dehors des frontières, il est dans chaque nation; et aucune nation n'a le courage de le combattre. C'est ce monstre à 100 têtes, qui se nomme l'impérialisme, cette volonté d'orgueil et de domination, qui veut tout absorber, ou soumettre, ou briser, qui ne tolère point de grandeur libre, hors d'elle. » C'est avec ces mots que l'écrivain français Romain Rolland exprimait, en septembre 1914 dans les colonnes du *Journal de Genève*, son refus de la barbarie. Dans une Europe qui part en guerre la fleur au fusil, cet appel à demeurer « au-dessus de la mêlée » sonne comme une révélation pour tous ceux qui croient encore à la paix. Parmi eux, un jeune étudiant nancéen nommé Charles Baudouin, dont le regard s'est tourné vers la Cité de Calvin depuis quelques années déjà. Le 28 octobre 1912, le jeune philosophe formé à la Sorbonne apprend en effet, par l'entremise de la revue *Foi et vie*, la création dans la ville du bout du lac d'un Institut Jean-Jacques Rousseau entièrement dédié à ce qu'on appelle alors l'éducation nouvelle et dont il se promet de suivre les travaux avec attention.

Reste à franchir le pas, choix qui devient une évidence avec le déclenchement des hostilités et la découverte d'une tuberculose qui évite opportunément au jeune homme de participer à la grande boucherie des tranchées. Voilà donc Charles Baudouin à Genève, au seuil d'une carrière qui le verra constamment osciller entre ses engagements pacifistes, la passion qu'il voue à la littérature et la gestion de l'Institut de psychologie appliquée qui porte encore aujourd'hui son nom.

Le 11 octobre 1915, lorsqu'il débarque sur le quai de la gare Cornavin, après un périple

ferroviaire qui, en ces temps de guerre, lui aura pris près de trois semaines depuis son départ de Nancy, Charles Baudouin, du haut de ses 22 ans, sait la chance qui est la sienne: « *J'avais un peu*, écrit-il dans son journal, *en foulant le sol de la Suisse, l'impression d'un naufragé qui, sans bien savoir ce qui lui est arrivé, touche tout à coup la terre. J'étais rendu à moi-même; la vie pouvait recommencer.* »

Et pour le jeune homme, ce nouveau départ se fait sous les meilleurs auspices. À peine arrivé à Carouge, où il s'installe, Charles Baudouin se lie en effet d'amitié avec Carl Spitteler, grande

« J'AVAIS UN PEU, EN FOULANT LE SOL DE LA SUISSE, L'IMPRESSION D'UN NAUFRAGÉ QUI TOUCHE TOUT À COUP LA TERRE »

figure de la littérature suisse-alsacienne et récipiendaire du prix Nobel en 1919, dont Baudouin traduira plusieurs ouvrages en français. Il rencontre ensuite le sculpteur genevois James Vibert et d'autres grandes figures du pacifisme européen comme Romain Rolland, Pierre Jean Jouve et Stefan Zweig, avec lesquels il forme, selon l'expression consacrée par l'auteur de

La Vierge de Paris, une « petite Internationale de l'esprit ». C'est dans cette mouvance que s'inscrit la création, par Charles Baudouin, d'une revue pacifiste, *Le Carmel*, qui sera publiée entre 1917 et 1919 avec pour programme l'affirmation du « droit d'aïnesse de la pensée par opposition aux doctrines de la force brutale ». Dans ces pages, il est question de « l'unité de la grande patrie européenne », de « communion par-dessus les frontières » ou de « Confédération mondiale ». L'échec du projet éditorial, miné par des dissensions internes, renvoie toutefois Charles Baudouin à ses études.

Ancien disciple du pharmacien nancéen Émile Coué, auteur de la méthode qui porte son nom, Baudouin dispense deux cours au sein de l'Institut Jean-Jacques Rousseau. Le premier porte sur « la suggestion et l'hypnotisme dans l'éducation et la rééducation », le second sur « la culture du magnétisme personnel ». En parallèle, il donne des conférences à destination des médecins et des étudiants en médecine, ainsi que des leçons privées de philosophie, histoire de faire bouillir la marmite.

Mais l'enseignement n'est pas vraiment sa tasse de thé et il s'en lasse vite, comparant la besogne à une forme de « prostitution de l'esprit ».

Il en va autrement des consultations médico-pédagogiques organisées par l'Institut et auxquelles il participe activement. « *J'aime à m'occuper des enfants malades – souvent de milieux pauvres – qui sont amenés le jeudi à la consultation. J'éprouve là de grandes satisfactions* »,

confie-t-il ainsi à son « carnet de route » le 29 décembre 1915.

Le succès est d'ailleurs rapidement au rendez-vous. À tel point que Baudouin est bientôt débordé par la situation. En mars 1916, alors que 60 personnes se pressent à sa consultation, il avoue ses doutes: « Plus je me dépense, plus il m'apparaît que l'isolement est pour moi un devoir: l'isolement où l'on peut créer. Sans doute ma tendance de créateur, d'artiste, est-elle la chose en moi la plus profonde – bien plus profonde que mes tendances charitables et altruistes. »

Le mot est lâché. Baudouin se rêve en poète et romancier. Mais avant de s'adonner pleinement aux plaisirs de la plume, il lui faut une situation. Inscrit en Faculté des lettres, Baudouin se lance dès lors dans une thèse intitulée *Suggestion et autosuggestion* dans laquelle il présente les bases de sa méthode thérapeutique, avertissant dès la préface qu'« il ne faut jamais oublier que l'enfant est une individualité qui se développe mystérieusement et non un cas de laboratoire ». Publié en 1920, puis réédité en 1921, 1922 et 1924, ce texte lui permet de se faire largement connaître dans le monde encore balbutiant de la psychologie et de la psychothérapie.

Fort de ce nouveau succès – qui sera conforté par une quinzaine d'autres ouvrages théoriques dans les années qui suivent – Baudouin achève son émancipation avec la création, en 1924, de ce qui est aujourd'hui le plus ancien institut francophone de psychanalyse: l'Institut international de psychagogie [sic] et de psychothérapie.

Placée sous le patronage bienveillant de Sigmund Freud, de Carl Jung et d'Alfred Adler, tous membres du comité d'honneur, cette entité à l'appellation saugrenue donne à Baudouin le moyen de poursuivre ses travaux de manière



BGE/CENTRE D'ICONOGRAPHE GENEVOISE

indépendante tout en se démarquant des nombreux « Institut Coué » qui fleurissent alors aux quatre coins de l'Europe. L'enjeu consiste, pour lui, à réorienter le mouvement suggestionniste « en l'annexant d'office à la science pour lui épargner de sombrer dans la thaumaturgie ».

D'un point de vue plus pratique, les revenus qu'il en tire permettent à Baudouin de gagner du temps et de renoncer à nombre de ses engagements chronophages. Temps qu'il va dès lors en grande partie consacrer à son désir d'écrire. Il en sortira divers essais (dont *Le Symbole chez Verhaeren*, 1924; *Douceur de France*, 1941, ou *Éclaircie sur l'Europe*, 1944), des textes biographiques (*Émile Coué*, 1927; *Carl Spitteler*, 1938; *Hommage à Romain Rolland*, 1945, *Blaise Pascal ou l'ordre du cœur*, 1962), près d'une vingtaine de recueils de poésie et quatre romans (*La loge de la rue du vieux mury*, *Génération*, *Printemps anxieux* et *L'Éveil de la Psyché*).

Une bibliographie abondante à laquelle s'ajoute son *Carnet de route*, un texte en forme de journal

intime dans lequel Baudouin « enregistre l'effort fait, jour après jour, pour comprendre les dons du monde » et qu'il a constamment retravaillé au cours de sa carrière sans pour autant trouver le moyen de le faire éditer à l'exception de quelques maigres morceaux choisis. Cette lacune est en partie comblée depuis la publication à l'automne 2014 de *Un pays et des hommes*, ouvrage édité par Martine Ruchat, professeure associée à la Faculté de sciences de l'éducation et ses deux collègues Antoinette Blum et Doris Jukubec. Un texte qui constitue un précieux témoignage sur l'atmosphère politique et culturel qui régnait à Genève à l'heure du premier conflit mondial.

Vincent Monnet

« Charles Baudouin. Un pays et des hommes. Carnet de route (1915-1919) », édité par Martine Ruchat, Antoinette Blum et Doris Jukubec. L'Âge d'Homme, 334 p.

À LIRE

IL ÉTAIT UNE FOIS L'ANGOLA

Durant quarante et un ans presque jour pour jour (du 4 février 1961 au 22 février 2002), l'Angola a vécu au rythme de la guerre. D'abord pour la conquête de l'indépendance, ensuite pour celle du pouvoir. Bilan: 1 million de victimes, auxquelles il faut ajouter 80 000 personnes tuées ou mutilées par des mines antipersonnel depuis le retour de la paix. Pour expliquer cette tragédie, deux arguments sont généralement avancés. Le premier renvoie à des divisions liées au facteur ethnique et attisées par la Guerre froide, le second à l'influence des missions protestantes

implantées dans le pays et qui auraient servi de matrice à l'expression nationaliste. En se penchant sur le cas particulier de l'Union nationale pour l'indépendance totale de l'Angola (Unita), Didier Péclard, maître d'enseignement et de recherches au *Global Studies Institute*, montre que ce type de lecture occulte l'essentiel, à savoir la part de contingence, d'imprévu et d'aléatoire propre à ce genre de phénomène ainsi que sa dimension éminemment sociale. En 1974, au moment où le régime de Salazar s'effondre au Portugal, la puissance colonisatrice, l'Unita, apparaît comme le plus faible des trois partis qui vont se disputer le pouvoir pendant près de vingt-cinq ans sur le sol de l'Angola. Sans appuis extérieurs, ne comptant que quelques centaines de guérilleros,

la formation de Jonas Savimibi ne contrôle qu'une portion congrue du territoire national. En dix-huit mois, la situation va cependant radicalement évoluer.

D'abord parce que,

du fait de sa faiblesse militaire, l'Unita se concentre sur le développement de ses relations diplomatiques et sur la préparation des négociations qui débouchent sur les Accords d'Alvor consacrant l'indépendance du pays en janvier 1975. Ce qui lui permet de gagner en visibilité. Ensuite parce que, de façon paradoxale, l'Unita parvient à tirer profit des victoires de son adversaire dans la mesure où l'exclusion des représentants du « peuple Ovimbundu » de l'administration mise en place dans les régions conquises par le MPLA (Mouvement populaire de libération de l'Angola) permet de nourrir un récit justifiant l'existence même de l'Unita et la poursuite de son combat par les discriminations dont aurait été victimes les Ovimbundu depuis le XIX^e siècle. « *La force de Savimibi, résume Didier Péclard, est de parvenir à s'approprier, en son nom propre et en celui de son parti, un imaginaire ethnique qui n'avait jusque-là que peu de sens et de portée en termes d'engagement politique afin d'en faire un instrument de conquête du pouvoir.* » VM

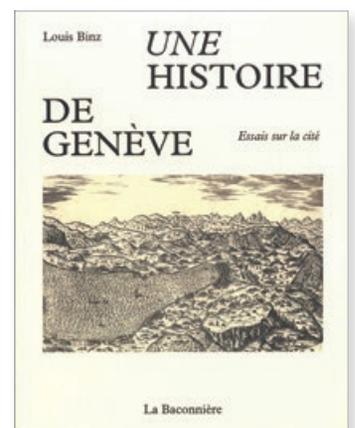
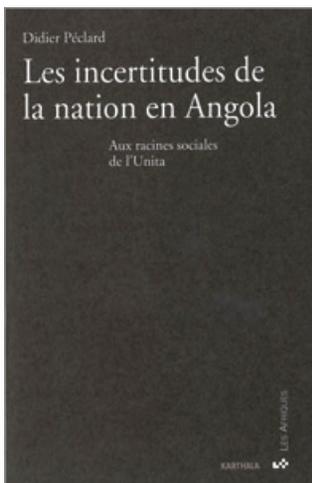
« **LES INCERTITUDES DE LA NATION EN ANGOLA. AUX RACINES SOCIALES DE L'UNITA** », PAR DIDIER PÉCLARD, ÉD. KARTHALA, 369 P.

GENÈVE: LA TERRE, L'AIR, L'EAU ET LE FEU

Professeur à la Faculté des lettres entre 1971 et 1995, Louis Binz est décédé en 2013 sans avoir pu donner de suite à sa magistrale « Histoire de Genève » parue en 1981 et depuis rééditée à plusieurs reprises. Cette lacune est aujourd'hui comblée grâce au travail de trois de ses anciens assistants (Barbara Roth, Marc Neuenschwander et Jean-François Pitteloud) qui ont mené à terme la publication du dernier manuscrit du professeur. Construit sur des sources peu exploitées et faisant une large place aux anonymes, cet *Essai sur la Cité* s'ouvre sur un *Petit guide historique pour le visiteur pressé* avant de s'arrêter sur *Deux événements qui ont sauvé Genève*: le traité de combourgeoisie de 1526 liant la cité lémanique aux villes de Berne et de Fribourg, ainsi que la guerre contre la Maison de Savoie.

Échappant à l'habituel découpage chronologique, la suite se décline en suivant un parcours thématique balisé par les quatre éléments chers aux philosophes grecs. La terre renvoie ainsi à la vocation de refuge de Genève, aux sépultures ou aux paysages agricoles, l'air à l'époque du petit âge glaciaire, l'eau à l'hygiène publique ou au développement de l'industrie, tandis qu'au travers du feu sont notamment racontés les bûchers qui ont vu périr Michel Servet aussi bien que de nombreux anonymes accusés de pratiquer la sorcellerie. VM

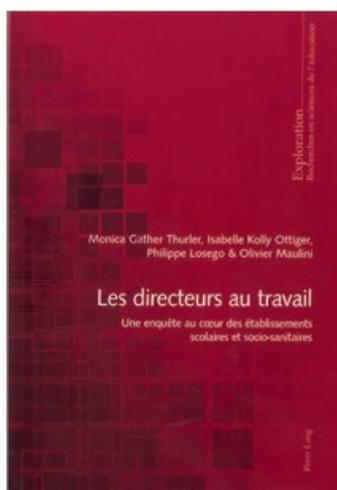
« **UNE HISTOIRE DE GENÈVE. ESSAIS SUR LA CITÉ** », PAR LOUIS BINZ, ÉD. LA BACONNIÈRE, 314 P.



VIS MA VIE DE DIRECTEUR D'ÉCOLE

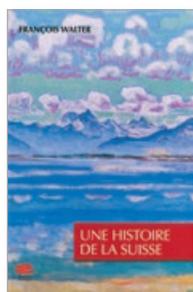
Dans l'imaginaire collectif, le métier de directeur d'école renvoie à deux stéréotypes opposés. Celui du chef charismatique et omnipotent, d'un côté, et celui du bureaucrate arrogant profitant de son autorité pour exploiter ses salariés, de l'autre. Deux visions que balaie cette étude très fouillée menée auprès d'une soixantaine de directeurs et directrices d'établissements scolaires ou sociosanitaires romands (Vaud et Genève). Sur la base d'entretiens complétés par la réalisation de semainiers répertoriant les activités et d'un suivi en immersion (*shadowing*), les trois auteurs montrent tout d'abord que l'agenda des personnes interrogées est plutôt bien rempli. La semaine

d'un directeur dure ainsi 53h16 en moyenne. Le plus gros de ce temps est consacré aux demandes particulières. S'y ajoutent les séances collectives, la communication et les interactions à distance et le travail personnel. Il est par ailleurs très fragmenté puisque la durée moyenne des tâches n'excède pas six minutes. Contraint de «*parer à tout, surtout au plus pressé*», le directeur d'école doit néanmoins donner le cap et guider son institution. Le tout sans s'aliéner les pouvoirs publics (à qui il doit rendre des comptes) ni ses subordonnés (qui attendent de lui à la fois la reconnaissance de leur savoir-faire et la protection découlant de consignes claires). «*Gouverner à l'ère du soupçon, résumant les auteurs, semble condamner les directions à donner toujours plus de gages de fiabilité à leurs partenaires mais sans les déranger, à prendre des initiatives sans se distinguer, à innover sans se tromper, à être fermes sans fâcher personne, à agir au cas par cas mais en traitant tout le monde à égalité.*» VM



« LES DIRECTEURS AU TRAVAIL. UNE ENQUÊTE AU CŒUR DES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES ET SOCIO-SANITAIRES »,

PAR MONICA GATHER TURLER, ISABELLE KOLLY OTTIGER, PHILIPPE LOSEGO & OLIVIER MAULINI, PETER LANG, 318 P.



QUESTIONS SUR LA NATION

Avec cette reprise remaniée et critique de l'« Histoire de la Suisse » en cinq volumes parue en (2009), François Walter, professeur honoraire de la Faculté des lettres, offre une révision complète du récit national s'appuyant sur les dernières avancées de la recherche historique.

« **UNE HISTOIRE DE LA SUISSE** », PAR FRANÇOIS WALTER, ÉD. ALPHIL, 544 P.



NOËL CONSTANT: UNE FIGURE DU SOCIAL

Avec la parution de cette deuxième série d'entretiens avec Noël Constant, Brigitte Mantillari, directrice du Bureau de l'égalité de l'UNIGE, parachève le portrait de l'un des acteurs majeurs du travail social à Genève depuis plus d'un demi-siècle.

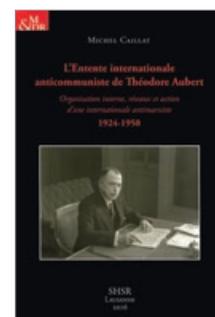
« **NOËL CONSTANT. UN AUTRE SOCIAL** », PAR BRIGITTE MANTILLERI, ÉD. L'ÂGE D'HOMME, 112 P.



AUX MARGES DES FRONTIÈRES ARABES

À partir de cas tirés du monde arabe, cet ouvrage dirigé par Daniel Meier, chargé de cours à l'Unité d'arabe (Faculté des lettres), revient sur l'histoire des marges des États et reformule des questions identitaires, politiques et sociales en partant des frontières.

« **LES FRONTIÈRES DANS LE MONDE ARABE** », SOUS LA DIRECTION DE DANIEL MEIER, ÉD. L'HARMATTAN, 175 P.



GENÈVE VOIT ROUGE

Fruit d'une thèse de doctorat soutenue à la Faculté des lettres en 2013, l'enquête de Michel Caillat retrace l'histoire d'une organisation qui a contribué à nourrir un esprit anticommuniste parmi les élites suisses et européennes.

« **L'ENTENTE INTERNATIONALE ANTICOMMUNISTE DE THÉODORE AUBERT** », PAR MICHEL CAILLAT, SOCIÉTÉ D'HISTOIRE DE LA SUISSE ROMANDE, 781 P.

THÈSES DE DOCTORAT

DROIT

ANTREASYAN, SEVAN

Réseaux sociaux et mondes virtuels : contrat d'utilisation et aspects de propriété intellectuelle
Dir. de Werra, Jacques
 Th. UNIGE 2016, D. 911 | Web*: 83548

BAIROCH DE SAINTE-MARIE, ALICE

Les fondements juridiques et politiques de l'empire français, 1600-1750
Dir. Keller, Alexis
 Th. UNIGE 2016, D. 919 | Web*: 86504

HERREN, PASCAL XAVIER OLIVIER D.

L'intervention internationale au nom des droits de l'homme : l'autorité de l'approche finaliste
Dir. Hottelier, Michel; Gaeta, Paola
 Th. UNIGE 2015, D. 907 | Web*: 86971

MAGISTRO, FRANCESCA

Le droit à un environnement sain revisité : étude de droit suisse, international et comparé
Dir. Flueckiger, Alexandre
 Th. UNIGE 2016, D. 921 | Web*: 88615

RODRIGUEZ ELLWANGER, MARIA

Les instruments juridiques de la planification territoriale transfrontalière dans le bassin de vie franco-valdo-genevois
Dir. Tanquerel, Thierry
 Th. UNIGE 2016, D. 916 | Web*: 86679

SANGBANA, KOMLAN

La protection des eaux douces transfrontières contre la pollution : dimensions normatives et institutionnelles
Dir. Boisson de Chazournes, Laurence
 Th. UNIGE 2016, D. 909 | Web*: 85310

YAZICIOGLU, ALARA

Taxation of international sports events : an income tax analysis
Dir. Oberson, Xavier
 Th. UNIGE 2016, D. 918 | Web*: 88252

ÉCONOMIE ET MANAGEMENT

HANNAY, MARK

Confidence sets for model selection
Dir. Ronchetti, Elvezio
 Th. UNIGE 2016, GSEM 31 | Web*: 86467

MASOOD, MARIA

Three essays on the diversity of audiovisual imports
Dir. Carrere, Céline
 Th. UNIGE 2016, GSEM 34 | Web*: 86902

MOLINARI, ROBERTO CARLO

Robust inference for random fields and latent models
Dir. Victoria-Feser, Maria-Pia; Guerrier, Stéphane
 Th. UNIGE 2016, GSEM 32 | Web*: 86899

STREIMELWEGER, BARBARA

La gestion des risques basée sur des facteurs humains pour améliorer la sécurité des patients : la gestion des risques et des chances avec RiDeM en utilisant HFoFMEA
Dir. Konstantas, Dimitri; Wac, Katarzyna
 Th. UNIGE 2016, GSEM 29 | Web*: 86381

VACCARO, GIANNINA

Three essays on labour economics
Dir. Pellizzari, Michele; Ramirez, Jose
 Th. UNIGE 2016, GSEM 30 | Web*: 88729

LETTRES

MAUGUÉ, LUDOVIC

«VOUER LE CRIME À L'INDUSTRIE» : LA MANUFACTURE CARCÉRALE D'EMBRUN: PREMIÈRE MAISON CENTRALE FRANÇAISE ET PRISON DU DÉPARTEMENT DU LÉMAN (1798-1813)

Cette thèse étudie sous le régime de la légalité des délits et des peines consacré par la Révolution française, la conception, la matérialité, l'administration, l'économie, la salubrité, l'économie disciplinaire, le personnel et la population écrouée de la première maison centrale de détention française. Inscrit dans le contexte du département du Léman – rattaché, avec son chef-lieu Genève, à la France napoléonienne entre 1798 et 1813 –, le fonctionnement de la manufacture carcérale mixte d'Embrun (Hautes-Alpes) résulte d'une continue improvisation carcérale qui situe ses pratiques d'enfermement entre la continuité de l'Ancien Régime disciplinaire et la rupture du XIX^e siècle pénitentiaire. Confiée à la gestion d'entrepreneurs privés par économie et par impuissance administrative, la centrale demeure une institution hybride où confluent les cultures mixtes du dépôt de mendicité, de l'hôpital général et de la prison d'État. Lieu de la première systématisation du recours à la privation de liberté comme peine principale de droit commun, Embrun s'affirme comme un moment matriciel pour le système carcéral français.

DIR. PORRET, MICHEL

Th. UNIGE 2016, L. 859 | Web*: 86258

LETTRES

FONTANA, VINCENT

Éclairer le crime : les révolutions de l'enquête pénale à Genève (1790-1814)
Dir. Porret, Michel
 Th. UNIGE 2016, L. 855 | Web*: 88255

HUEBER, FRÉDÉRIC

La vie et l'œuvre d'Antoine Caron (1521-1599)
Dir. Elsig, Frederic; Leproux, Guy-Michel
 Th. UNIGE 2016, L. 861 | Web*: 86675

JEHAN, AUDE

Europe politique et Europe de la culture : une analyse géopolitique de la culture en tant que facteur stratégique, selon une perspective transatlantique
Dir. Talens Carmona, Jenaro; Hersant, Yves
 Th. UNIGE 2014, L. 823 | Web*: 88728

JEKER BENTEVA, ANAMARIA

Intervention effects in language acquisition : the comprehension of A-bar dependencies in French and Romanian
Dir. Rizzi, Luigi; Moeschler, Jacques
 Th. UNIGE 2016, L. 845 | Web*: 87829

KUNIK, DAMIEN BENOÎT

L'Art et la matière : nationalisme culturel et patrimoine folklorique dans le Japon du XX^e siècle
Dir. Souyri, Pierre-François
 Th. UNIGE 2016, L. 854 | Web*: 88161

LUKAJIC, DRAGANA

Aspect et préfixes verbaux en serbe dans une perspective cognitive. Analyse du préfixe po-
Dir. Moeschler, Jacques
 Th. UNIGE 2016, L. 860 | Web*: 87828

MORGAN, OLIVER

Turn-taking in Shakespeare
Dir. Erne, Lukas Christian
 Th. UNIGE 2016, L. 852 | Web*: 85260

SCHMIDLIN, LAURENCE

The drawingness of drawing : la spatialisation du dessin dans l'art américain des années 1960 et 1970
Dir. Gamboni, Dario Libero
 Th. UNIGE 2016, L. 862 | Web*: 88736

WANG SZILAS, JUE

Les enjeux de l'intégration de l'eTandem en didactique des langues-cultures étrangères : interactions entre apprenants et dynamique institutionnelle dans un dispositif universitaire sino-francophone
Dir. Gajo, Laurent; Bellassen, Joël
 Th. UNIGE 2016, L. 856 | Web*: 88324

MÉDECINE

BOUATOU, YASSINE

Influence de la maladie rénale chronique terminale sur la disposition et le métabolisme extra rénal des médicaments : exemple des inhibiteurs du récepteur P2Y12 à l'ADP
Dir. Desmeules, Jules Alexandre
 Th. UNIGE 2016, Méd. 10800 | Web*: 84772

BRAENDLE, GABRIEL

Épidémiologie du portage oropharyngé de *Kingella kingae* chez l'adulte sain
Dir. Ceroni, Dimitri
 Th. UNIGE 2016, Méd. 10821 | Web*: 88574

BRINER, ADRIAN

Corrélation temporelle entre le début de comportement d'anxiété et le développement des épines dendritiques chez les rats RHA/RLA sélectionnés dans un test d'évitement actif
Dir. Vutskits, Laszlo
 Th. UNIGE 2016, Méd. 10796 | Web*: 86126

DARBRE, STÉPHANIE

La nucléoprotéine est nécessaire à l'immunogénicité des vecteurs vaccinaux basés sur les virus de la chorioméningite lymphocytaire recombinants (rLCMV)
Dir. Merkler, Doron
 Th. UNIGE 2016, Méd. 10805 | Web*: 86373

DUNAND, SARAH

Une étude stéréologique sur les aires de Brodmann 44 et 45 chez des patients atteints d'autisme
Dir. Giannakopoulos, Panteleimon
 Th. UNIGE 2016, Méd. 10804 | Web*: 84668

MÉDECINE

DELAPORTE-SEBO, ÉLISABETH**ÉVOLUTION DE LA COUVERTURE VACCINALE CONTRE LA ROUGEOLE DES ENFANTS DE 28 MOIS RÉSIDANT DANS LE CANTON DE GENÈVE, ENTRE 2000 ET 2012, ET DE SES FACTEURS ASSOCIÉS**

La couverture vaccinale contre la rougeole des enfants de 28 mois dans le canton de Genève a dépassé en 2012 la limite des 95 %. Il s'agit du seuil minimal en dessous duquel il est possible d'éliminer la maladie, conformément à l'objectif fixé par l'Organisation mondiale de la santé. En revanche, tant que la couverture demeure en dessous de 95 %, des flambées continueront de se produire. Plus précisément, la thèse d'Élisabeth Delaporte-Sebo a analysé l'évolution de la protection des enfants contre la rougeole entre 2000 et 2012 en se basant sur les données de vaccination collectées systématiquement. Il en ressort que la couverture vaccinale est passée entre ces deux dates de 89,9 % à 97,7 % pour une dose de rougeole et de 42,7 % à 95,1 % pour deux doses. Le risque relatif d'acquisition de la rougeole dans les communes où la couverture vaccinale était inférieure à 95 % était deux fois plus élevé que dans les autres communes.

DIR. ROMAND, JACQUES-ANDRÉ

Th. UNIGE 2016, Méd. 10799 | Web*: 87461

EL HAGE, MARC

Impact du grossissement de l'image sur l'exactitude des mesures verticales effectuées sur des radiographies panoramiques numériques
Dir. Vazquez, Lydia; Wiskott, Anselm
Th. UNIGE 2016, Méd. dent. 744 | Web*: 87773

GARIN, NICOLAS

Traitement antibiotique empirique de la pneumonie acquise à domicile
Dir. Perrier, Arnaud
Th. UNIGE 2016, Méd. 10812 | Web*: 86859

HAMDANI, MEHDI

Modes d'administrations périmerveux des anesthésiques locaux : effet sur l'analgésie postopératoire en chirurgie orthopédique
Dir. Fournier, Roxane; Tramer, Martin
Th. UNIGE 2016, Méd. 10818 | Web*: 88254

KLEIN, JACQUES

Évaluation de la fonction sexuelle et de la satisfaction conjugale avant et après transplantation de foie
Dir. Iselin, Christophe
Th. UNIGE 2016, Méd. 10809 | Web*: 86262

KREIENBUEHL, LUKAS BENNO

Propofol administré par le patient versus propofol administré par le clinicien : revue systématique et méta-analyse
Dir. Tramer, Martin
Th. UNIGE 2016, Méd. 10811 | Web*: 86848

MOUSSAOUI, DEHLIA

Complications post-opératoires en transplantation hépatique : les greffes de foie « split » sont-elles équivalentes à celles de foie entier?
Dir. Wildhaber, Barbara
Th. UNIGE 2016, Méd. 10810 | Web*: 86839

PINTO CATARINO, ROSA ISABEL

Étude comparative randomisée entre deux méthodes d'auto-prélèvement vaginal pour la recherche de papillomavirus humain (HPV) en milieu sec : bâtonnets secs VS cartouche FTA
Dir. Petignat, Patrick
Th. UNIGE 2016, Méd. 10803 | Web*: 83981

PRALONG, JACQUES-ANDRÉ

Valeur de la mesure de l'hyperréactivité bronchique dans le diagnostic d'asthme professionnel
Dir. Rochat, Thierry
Th. UNIGE 2016, Méd. 10817 | Web*: 87918

REY, FLORIAN

Est-ce que la péricardite aiguë idiopathique est associée à une infection des voies aériennes supérieures ou une gastroentérite?
Dir. Genne, Daniel
Th. UNIGE 2016, Méd. 10814 | Web*: 87917

SARTORIUS, DANIELLE MARIE

Traitement hémostatique basé sur la Thromboélastométrie Rotatoire (ROTEM) chez les patients opérés en urgence en chirurgie cardiovasculaire
Dir. Licker, Marc
Th. UNIGE 2016, Méd. 10806 | Web*: 85253

SCHWITZGUEBEL, ADRIEN

Déficits en immunoglobulines en cas de rhinosinusite chronique
Dir. Seebach, Jorg Dieter; Harr, Thomas
Th. UNIGE 2016, Méd. 10807 | Web*: 86280

ZENELAJ, BESA

Experimental evaluation of various biodegradable grafts for vascular surgery in a sub-cutaneous model
Dir. Kalangos, Afksendiyos
Th. UNIGE 2016, Méd. 10815 | Web*: 87978

NEUROSCIENCES**LIVERANI, MARIA CHIARA**

Orbitofrontal reality filtering specified: relation to temporal order memory, role of emotion, and development
Dir. Schnider, Armin
Th. UNIGE 2016, Neur. 170 | Web*: 84443

LUIS COITO, ANA LUISA

Directed functional connectivity in patients with focal epilepsy using high density scalp EEG
Dir. Vulliamoz, Serge; Michel, Christoph
Th. UNIGE 2016, Neur. 173 | Web*: 88143

VIRTANEN, MARI

Structure, development and plasticity of GABAergic synapses
Dir. Vutsits, Laszlo; Dayer, Alexandre
Th. UNIGE 2016, Neur. 171 | Web*: 85311

WENGER COMBREMONT, ANNE-LAURE

Study of layer 6b cortical neurons in vitro
Dir. Muhlethaler, Michel
Th. UNIGE 2016, Neur. 162 | Web*: 84549

PSYCHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ÉDUCATION**BERENT, JACQUES**

Crime and punishment (of innocents): Collective apologies' effects on third-parties' support for collective punishment
Dir. Falomir Pichastor, Juan Manuel
Th. UNIGE 2016, FPSE 638 | Web*: 88494

BOSSET, ISABELLE ANNE

Soutien organisationnel perçu à la formation: processus, modes de régulation, et conséquences
Dir. Bourgeois, Étienne
Th. UNIGE 2016, FPSE 618 | Web*: 83641

BOZELLE GIROUD, CHRISTELLE

Évaluation d'un environnement informatisé pour la réhabilitation d'enfants porteurs d'implants cochléaires: utilisation du jeu comme outil d'apprentissage
Dir. Betrancourt, Mireille; Pelizzone, Marco
Th. UNIGE 2014, FPSE 586 | Web*: 86277

CARLEI, CHRISTOPHE

Visual asymmetries and the effect of gaze direction on memory
Dir. Kerzel, Dirk
Th. UNIGE 2016, FPSE 645 | Web*: 88160

CHATELAIN, MATHIEU

The role of implicit fear in the process of mental effort mobilization
Dir. Gendolla, Guido H.E.
Th. UNIGE 2016, FPSE 643 | Web*: 87983

DIOP, BABACAR

Réformer l'enseignement supérieur au Sénégal: conception, mise en œuvre et conséquences du système L.M.D
Dir. Felouzis, Georges
Th. UNIGE 2016, FPSE 631 | Web*: 83852

EMERY, ROLAND ALBERT

La collaboration multiprofessionnelle dans les institutions spécialisées en lien avec les projets éducatifs individualisés des élèves: perceptions, pratiques déclarées et activité située
Dir. Pelgrims, Greta
Th. UNIGE 2016, FPSE 641 | Web*: 88570

MARTIN-BALMORI, ISABEL

Didactique du belcanto: approche épistémologique des contenus d'enseignement et des pratiques de transmission
Dir. Mili, Dominique Isabelle
Th. UNIGE 2016, FPSE 644 | Web*: 88094

PELTIER, CLAIRE

Représentation des médias et appropriation des dispositifs médiatiques chez des enseignants du supérieur
Dir. Peraya, Daniel; Betrancourt, Mireille; Charlier, Bernadette
Th. UNIGE 2016, FPSE 635 | Web*: 85010

PUNTIROLI, MICHAËL

Just before eye movement execution: processing of visual objects
Dir. Kerzel, Dirk; Born, Sabine
Th. UNIGE 2016, FPSE 642 | Web*: 87975

REBETEZ, FRÉDÉRIQUE

Équipes de travail et apprentissage en contexte organisationnel
Dir. Bourgeois, Étienne
Th. UNIGE 2016, FPSE 629 | Web*: 83850

THÈSES DE DOCTORAT

STANEK, JOSÉPHINE

Voyage au centre de la théorie de l'intensité motivationnelle: études des prédictions de la théorie liées à l'énergie

Dir. Richter, Michael; Gendolla, Guido H.E.
Th. UNIGE 2016, FPSE 616 | Web*: 87771

SCIENCES

BARNEA, TOMER

Towards an understanding of correlations and measurements in quantum theory

Dir. Gisin, Nicolas
Th. UNIGE 2016, Sc. 4988 | Web*: 88734

BENHAR NOCCIOLI, ELEONORA

Measurement of the properties of the Standard Model Higgs boson in the $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$ decay channel with the ATLAS Experiment at CERN

Dir. Clark, Allan Geoffrey; Iacobucci, Giuseppe; Pasztor, Gabriella
Th. UNIGE 2015, Sc. 4814 | Web*: 87493

BENNESCH, MARCELA

Corepressors mediate the activation of estrogen receptor β by estrogen and cAMP

Dir. Picard, Didier
Th. UNIGE 2016, Sc. 4915 | Web*: 83849

BIAGETTI, MATTEO

Theoretical aspects of large scale clustering of dark matter halos

Dir. Desjacques, Vincent
Th. UNIGE 2016, Sc. 4956 | Web*: 86436

BOEHM, ERIK

Regulation of mitochondrial RNA expression by FASTK proteins

Dir. Martinou, Jean-Claude
Th. UNIGE 2016, Sc. 4929 | Web*: 87722

BOISSAY, ROZENN

X-ray emission mechanisms in active galactic nuclei

Dir. Paltani, Stéphane
Th. UNIGE 2016, Sc. 4957 | Web*: 86677

BOWLES, JOSEPH

EPR steering and its application to fundamental questions in Bell nonlocality

Dir. Brunner, Nicolas
Th. UNIGE 2016, Sc. 4953 | Web*: 87905

CAPRARA VIVOLI, VALENTINA

Revealing entanglement and nonlocality in few photon states

Dir. Gisin, Nicolas
Th. UNIGE 2015, Sc. 4876 | Web*: 83979

CHARPILLOZ, CHRISTOPHE

Analysis of large biological data: metabolic network modularization and prediction of N-terminal acetylation

Dir. Chopard, Bastien
Th. UNIGE 2015, Sc. 4883 | Web*: 86046

CHINCISAN, ANDRA-IOANA-MARIA

Analysis of 3d knee joint deformation using a multiscale modelling approach

Dir. Magnenat Thalmann, Nadia; Rolim, Jose
Th. UNIGE 2016, Sc. 4949 | Web*: 86278

CHIUSOLO, VALENTINA

Sam50 and Tim22: a novel mitochondrial gate for the import of Granzyme B

Dir. Martinvalet, Denis; Martinou, Jean-Claude
Th. UNIGE 2016, Sc. 4959 | Web*: 86387

SCIENCES

GUERREIRO, ISABEL

DIVERGENCE IN HOX GENE REGULATION AND THE EVOLUTION OF A SNAKE-LIKE BODY PLAN

Tandis que certains aspects du développement embryonnaire sont extrêmement bien conservés entre les différentes espèces de vertébrés, d'autres, au contraire, varient beaucoup, ce qui a donné naissance à l'extraordinaire diversité morphologique observée dans cet embranchement du règne animal. Les serpents, en particulier, avec leur tronc très allongé et leur absence de membres, représentent une des adaptations morphologiques les plus extrêmes. Cette étude montre que l'évolution du plan corporel particulier de cet animal a été accompagnée par des changements majeurs dans la régulation de la région des gènes *HoxD*, aussi appelés gènes architectes, tout en respectant une contrainte structurelle globale. Les gènes *Hox* sont connus pour leur rôle dans le développement des membres antérieurs et postérieurs et du tube digestif.

DIR. DUBOULE, DENIS

Th. UNIGE 2016, Sc. 4918 | Web*: 84252

CURTI, LAURA

EZH2 induces methylation of ERG enhancing its transcriptional and transforming activity

Dir. Scapozza, Leonardo; Carbone, Giuseppina
Th. UNIGE 2016, Sc. 4913 | Web*: 88262

GARG, NIKHIL

Generative models for syntactic and semantic structure prediction using latent variables

Dir. Henderson, James; Marchand-Maillet, Stéphane
Th. UNIGE 2015, Sc. 4977 | Web*: 88095

GHOSH, HAREKRISHNA

Enhanced IR signal from metal nanoparticle-polyelectrolyte-germanium composites: An in situ ATR-IR study

Dir. Buergi, Thomas
Th. UNIGE 2016, Sc. 4946 | Web*: 86253

GLAZMAN, ALEXANDER

Properties of self-avoiding walks and a stress-energy tensor in the $O(n)$ model

Dir. Smirnov, Stanislav
Th. UNIGE 2016, Sc. 4932 | Web*: 87729

GRANELLI, MATTEO

The coordination chemistry of 1,2-bis-benzimidazol-2-yl-ethanol: a chiral tridentate ligand forming heterocubanes and hydrogen bonded dimers

Dir. Williams, Alan Francis
Th. UNIGE 2016, Sc. 4908 | Web*: 84107

GUERRERA, DIEGO

PDZD11: a novel PLEKHA7 interactor at adherens junctions

Dir. Citi, Sandra
Th. UNIGE 2016, Sc. 4962 | Web*: 87754

GUIGOZ, YANISS

Spatial Data Infrastructures for addressing environmental challenges: stocktaking, capacity building, implementation and assessment

Dir. Lehmann, Anthony; Giuliani, Gregory
Th. UNIGE 2016, Sc. 4943 | Web*: 88107

KASSEM, SARI

Not5-dependent co-translational assembly of Ada2 and Spt20 is essential for functional integrity of SAGA

Dir. Collart, Martine
Th. UNIGE 2016, Sc. 4941 | Web*: 86597

LEEMANN, PAUL-HENRY

On subgroups and Schreier graphs of finitely generated groups

Dir. Smirnova-Nagnibeda, Tatiana
Th. UNIGE 2016, Sc. 4973 | Web*: 87976

MACHADO, SARAH

Dpp signalling gradient scaling and cell size regulation in Drosophila wing imaginal discs

Dir. Gonzalez Gaitan, Marcos
Th. UNIGE 2016, Sc. 4964 | Web*: 86713

MAFFIOLETTI, ANDREA

Antisense transcription and gene regulation in the yeast *S.Cerevisiae*

Dir. Stutz, Françoise
Th. UNIGE 2016, Sc. 4996 | Web*: 88498

MANUKYAN, LIANA

Statistical analyses and numerical simulations of skin patterning processes

Dir. Milinkovitch, Michel C.
Th. UNIGE 2016, Sc. 4970 | Web*: 87775

MCKEOWN WALKER, SIOBHAN

Two dimensional electron liquids at oxide surfaces studied by angle resolved photoemission spectroscopy

Dir. Baumberger, Félix
Th. UNIGE 2016, Sc. 4939 | Web*: 88253

MEYER, XAVIER

Breaking computational barriers: application of computational science on high performance computers

Dir. Chopard, Bastien; Albuquerque, Paul Mario; Salamin, Nicolas
Th. UNIGE 2016, Sc. 4966 | Web*: 86518

MOUSSA, MIRA

Biofunctional characterisation of titanium oxynitride coatings for osseous applications

Dir. Schibler, Ulrich; Wiskott, Anselm
Th. UNIGE 2016, Sc. 5000 | Web*: 88730

PADUROIU, SINZIANA

Structure formation in warm dark matter cosmologies

Dir. Pfenniger, Daniel
Th. UNIGE 2015, Sc. 4933 | Web*: 87494

PAUNOV, ALEXANDER

Positivity for Stanley's chromatic functions

Dir. Szenes, Andras
Th. UNIGE 2016, Sc. 4969 | Web*: 87600

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ AMMAR, NADIA

DÉSIR ET SATISFACTION SEXUELS: ÉTUDIER LA SEXUALITÉ AU PRISME DES PROCESSUS DE SOCIALIZATION CONJUGALE, DE PARCOURS RELATIONNELS ET DE GENRE

Inscrite dans un projet de recherche intitulé « Une approche neurobiologique, psychologique et sociologique du désir sexuel et de la satisfaction sexuelle » financé par le Fonds universitaire Maurice Chalmereau, cette thèse rend compte de la manière dont les processus de socialisation secondaires découlant de mécanismes sociaux tels que les styles d'interactions conjugales, le parcours de vie, les représentations de rôles de genre et les attitudes en matière de sexualité sont liés à l'intensité du désir sexuel et au niveau de la satisfaction sexuelle. Le travail questionne et nuance également les différences de genre dans cette problématique.

DIR. WIDMER, ÉRIC

Th. UNIGE 2016, SdS 34 | Web*: 86857

PICAZIO, ATTILIO

Search for heavy di-boson resonances decaying to boosted hadronic final states in proton-proton collision at $\sqrt{s}=8$ TeV with the ATLAS detector

Dir. Iacobucci, Giuseppe

Th. UNIGE 2016, Sc. 4938 | Web*: 87827

POECHEIM, JOHANNA

Adjuvanted trimethyl chitosan based nanoparticle formulations to improve immunogenicity of DNA vaccines

Dir. Borchard, Gerrit

Th. UNIGE 2015, Sc. 4909 | Web*: 86717

POGGIALI, DANIELE

Mechanistic investigations and development of Rh(II)-catalyzed [3+6+3+6] macrocyclization reactions

Dir. Lacour, Jérôme

Th. UNIGE 2016, Sc. 4928 | Web*: 84833

QUINTINO, MARCO TULLIO

Quantum entanglement and measurement incompatibility as resources for nonlocality

Dir. Brunner, Nicolas

Th. UNIGE 2015, Sc. 4979 | Web*: 88093

RAMEEZ, MOHAMED

IceCube searches for neutrinos from dark matter annihilations in the Sun and cosmic accelerators

Dir. Montaruli, Teresa

Th. UNIGE 2016, Sc. 4923 | Web*: 83851

ROMAND, STÉPHANIE ANNE

Nouvelles approches in vitro pour l'étude de la physico-chimie et du métabolisme de phase II de composés pharmaceutiques

Dir. Rudaz, Serge; Carrupt, Pierre-Alain

Th. UNIGE 2016, Sc. 4975 | Web*: 88582

SADIKIN, YOLANDA

Novel solid electrolytes based on borohydrides and higher boranes

Dir. Cerny, Radovan

Th. UNIGE 2016, Sc. 4963 | Web*: 86520

SANCHEZ VARELA, ARACELI

Du LEP au LHC: étude d'un cas de transition entre programmes scientifiques: la fin du collisionneur LEP au CERN

Dir. Lacki, Jan

Th. UNIGE 2016, Sc. 4922 | Web*: 87488

SOPIC, SANDRA

Superconducting proximity effect in graphene

Dir. Morpurgo, Alberto

Th. UNIGE 2015, Sc. 4827 | Web*: 87459

SPADARO, DOMENICA

The regulation of the transcription factor DbpA/ZONAB by Zonula Occludens proteins

Dir. Citi, Sandra

Th. UNIGE 2016, Sc. 4961 | Web*: 86979

STRANSKY-HEILKRON, NATHALIE MARTINE

Development of contrast agents for imaging amyloids in type 2 diabetes – from chemical synthesis to in vivo trials

Dir. Allémann, Eric;

Montet, Xavier Cédric Rodolphe

Th. UNIGE 2016, Sc. 4911 | Web*: 87597

SUN, QINCHAO

Study of the photochemical and photophysical properties of ruthenium(II) and rhenium(I) complexes

Dir. Hauser, Andreas

Th. UNIGE 2016, Sc. 4965 | Web*: 86915

TOMASSETTI, SUSANNA

The transcription factor Sfp1 regulates growth and division in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*

Dir. Shore, David M.

Th. UNIGE 2016, Sc. 4960 | Web*: 86279

VALMACCO, VALENTINA

Surface forces between silica particles measured by atomic force microscopy

Dir. Borkovec, Michal

Th. UNIGE 2016, Sc. 4955 | Web*: 86444

VANGENOT, CHRISTELLE

Évolution du Complexe Majeur d'Histocompatibilité et des Arylamines N-acétyltransférases: diversité génétique chez les chimpanzés et comparaison avec les humains

Dir. Sanchez-Mazas, Alicia; Poloni, Estella S.

Th. UNIGE 2016, Sc. 4947 | Web*: 86449

VARNHOLT, BIRTE

Spectroscopic investigation of ligand-gold interactions in monolayer protected gold clusters

Dir. Buergi, Thomas

Th. UNIGE 2016, Sc. 4924 | Web*: 83715

VON DER WEID, BENOÎT

Large-scale transcriptional profiling of chemosensory neurons identifies receptor-ligand pairs in vivo

Dir. Rodriguez, Ivan

Th. UNIGE 2016, Sc. 4931 | Web*: 85256

WILD, REBEKKA

Structural and functional characterization of eukaryotic SPX domains as inositol polyphosphate sensors

Dir. Hothorn, Michael

Th. UNIGE 2016, Sc. 4978 | Web*: 88104

XU, XIAOMENG

Stokes phenomenon, dynamical r-matrices and Poisson geometry

Dir. Alexeev, Anton

Th. UNIGE 2016, Sc. 4930 | Web*: 84496

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ

BARRELET, CLARA

On soigne des patients; on ne soigne pas la migration!: ethnographie de la lutte contre la tuberculose en Suisse

Dir. Bourrier, Mathilde; Hertz Werro, Ellen

Th. UNIGE 2016, SdS 42 | Web*: 87604

BUSSI, MARGHERITA

Strait-jackets or stepping stones? Exploring institutional ability to develop employability of young people

Dir. Bonvin, Jean-Michel; Varone, Frédéric

Th. UNIGE 2016, SdS 35 | Web*: 86386

FONTANELLAZ, BLAISE

L'argumentation des partis politiques helvétiques sur l'intégration européenne (1989-2014): diachronie et idéologies

Dir. Schwok, René

Th. UNIGE 2016, SdS 48 | Web*: 88571

HENKE, JULIA

Revisiting economic vulnerability among swiss pensioners: low income, difficulties in making ends meet and financial worry

Dir. Oris, Michel

Th. UNIGE 2016, SdS 38 | Web*: 86468

KNIDIRI, AICHA

Tourisme, ressources territoriales et développement humain dans les zones rurales: le cas des régions de Ghyghaya et d'Essaouira

Dir. Debarbieux, Bernard; Boujrouf, Saïd

Th. UNIGE 2016, SdS 46 | Web*: 88726

LA BARBA, MORENA MARIA

Cinéma et migration italienne dans la Suisse d'après-guerre: histoires, mémoires, utopies

Dir. Cattacin, Sandro; Haver, Gianni

Th. UNIGE 2016, SdS 28 | Web*: 84221

MASOTTI, BARBARA

Faire l'épreuve de l'aide à domicile au grand âge: une étude quantitative et qualitative des services formels au Tessin

Dir. Oris, Michel; Poletti, Fulvio

Th. UNIGE 2016, SdS 43 | Web*: 86378

NOUHOU, ABDOUL MOUMOUNI

Projet de famille et processus d'autonomisation des individus en matière de fécondité au Niger

Dir. Sauvain-Dugerdil, Claudine;

Rossier, Clementine

Th. UNIGE 2016, SdS 45 | Web*: 88611

SCHENK, CHRISTINE GIULIA

Islam and the secular: geography of religion and the making of family law in Aceh, Indonesia

Dir. Fall, Juliet Jane; Bleiker, Roland

Th. UNIGE 2016, SdS 37 | Web*: 84832

CROIRE,
FAIRE CROIRE

Festival — Histoire et Cité

GENÈVE
30 MARS — 01 AVRIL 2017

WWW.HISTOIRE-CITE.CH

DÉBATS_LIBRAIRIE_CINÉMA_EXPOS



AVEC LE SOUTIEN
DE LA
VILLE DE GENÈVE



FONDS GÉNÉRAL
DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE



Tribune
de Genève



Hes-SO // Genève



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE