



Empreinte en spirale

VRAI OU FAUX

Les vrais jumeaux ont-ils les mêmes empreintes ?

Non. Car les empreintes digitales ne sont pas uniquement façonnées par les gènes : l'environnement in utero intervient aussi.

Clémence CARRON

En 1892, Francis Galton, cousin de Charles Darwin, calcula la probabilité que deux personnes aient les mêmes empreintes digitales. Elle est infinitésimale : une chance sur 64 milliards. Ces empreintes, nommées dermatoglyphes, sont utilisées à des fins d'identification depuis des millénaires. Dans les royaumes babyloniens comme en Chine antique, les empreintes digitales ou palmaires servaient de signature sur les documents officiels. On savait déjà que l'identité biométrique d'une personne réside dans ces dessins si particuliers. Mais les vrais jumeaux, qui ont le même patrimoine génétique, ont-ils les mêmes empreintes ?

L'agencement des empreintes digitales soulève un paradoxe : leur forme est spécifique d'un individu, mais elles se ressemblent beaucoup dans leurs structures. En effet, on définit trois motifs partagés par 95 pour cent de la population : la boucle (60 pour cent des cas), la spirale (30 pour cent des cas) et l'arche, plus rare (5 pour cent des cas). Les cinq pour cent restants appartiennent à une catégorie plus complexe d'agencements avec de multiples boucles.

Les dermatoglyphes se dessinent très tôt au cours du développement embryonnaire. L'extrémité des doigts s'individualise dès la septième semaine de gestation. Des « coussins » digitaux deviennent proéminents vers la 10^e semaine. C'est dans ces structures en forme de coussinet que s'établissent les sillons et les arêtes des empreintes digitales, entre la 10^e et la 16^e semaines. Ces sillons résultent d'une ondulation progressive de la lame basale de l'épiderme, la structure embryonnaire de soutien du futur épiderme. Les contraintes physiques engendrées dans

cette structure par les tissus qui se développent provoquent une réorganisation des couches cellulaires internes de l'épiderme en formation qui aboutissent à un plissement du tissu en surface. À 24 semaines, la géométrie des empreintes est fixée définitivement pour toute la vie de l'individu, et les seules déformations qui se produisent ensuite viennent de la croissance des doigts.

L'expression de gènes spécifiques guide la formation globale des structures digitales et la différenciation coordonnée des types cellulaires. Si les gènes sont les architectes des dermatoglyphes, alors les vrais jumeaux, dont le patrimoine génétique est identique, devraient avoir les mêmes empreintes...

Mais ce n'est pas le cas. Bien que la comparaison des empreintes de deux vrais jumeaux révèle une grande similarité, une analyse plus poussée montre des disparités.

Des pressions externes

En fait, le facteur déterminant le modelage des empreintes est l'environnement auquel est exposé le fœtus au cours du développement des doigts. Les forces de frottement des doigts en cours de formation sur divers éléments, tels le liquide amniotique et les structures utérines, modifient le développement des empreintes. Or ces contraintes externes sont différentes d'un fœtus à l'autre.

De même, la formation osseuse sous-jacente (la taille et la vitesse de croissance de l'os), le suçage du pouce *in utero* et les mouvements des mains modèlent l'épiderme. L'influence environnementale sur la formation des empreintes ne se limite pas à ce qui se produit dans la cavité utérine ; l'environnement extérieur joue un rôle majeur. On a

montré que, quand la mère subit un stress environnemental, la formation des dermatoglyphes peut être altérée, via une cascade de signaux reposant sur des réactions biochimiques transmises de la mère au fœtus et qui peuvent modifier l'expression des gènes.

Par exemple, plusieurs études suggèrent que des stress chimiques (l'exposition à des agents toxiques, l'alcool), biologiques (des infections virales ou bactériennes) ou physiologiques (l'hypertension, le manque d'oxygène), mais aussi psychologiques, augmentent l'altération des dessins digitaux (interruption des crêtes, arête dédoublée).

À ce titre, les empreintes digitales peuvent être considérées comme des marques indélébiles de ce qui s'est produit au cours du développement entre la 10^e et la 24^e semaines de gestation. Cette période intéresse les spécialistes du développement cérébral, car c'est à ce moment-là que migrent les neurones qui vont former le cortex cérébral. Or, dans certaines pathologies psychiatriques telle la schizophrénie, des études ont montré qu'il existe un lien entre les anomalies des empreintes et une susceptibilité accrue vis-à-vis de la maladie. Pour de vrais jumeaux, on a montré que l'un des deux souffrant de schizophrénie présentait des empreintes digitales anormales alors que son jumeau, non malade, avait des empreintes normales. Les dermatoglyphes serviraient d'indicateurs sur l'exposition éventuelle du fœtus à un environnement délétère.



Empreinte en boucle

Clémence CARRON est maître de conférences à l'Université Pierre et Marie Curie à Paris. Elle effectue ses recherches dans le Laboratoire de biologie du développement (CNRS UMR 7622).



Pour réagir aux articles : courrier@pouirlascience.fr
ou directement sur les pages correspondantes du site www.pouirlascience.fr

✓ ROULETTE QUANTIQUE

Dans la méthode pour devenir riche exposée dans l'article *Suicide et immortalité quantiques* (*Pour la Science* n°395, septembre 2010, <http://bit.ly/pls395-immortalite>), pourquoi ne laisser en vie que le gagnant et tuer les 19 autres participants ? Si le dispositif ne les tue pas, pour chacun, il y a un des mondes où il gagne 20 fois la mise et, dans les 19 autres, il perd. N'est-ce pas préférable à gagner dans un monde, et être mort dans les 19 autres ?

Francis Jamet

→ RÉPONSE DE JEAN-PAUL DELAHAYE

Si vous n'avez pas conscience de mourir et ne souffrez pas dans les mondes où vous mourrez, l'effet pour vous de la roulette avec les 19 amis

est un gain certain, sans le moindre inconvénient, ce qui est bien sûr préférable au risque à 95 pour cent de perdre l'argent engagé. La difficulté, énorme, est d'être sûr que la théorie d'Everett est juste ! Par ailleurs, ce type de protocole pose des questions éthiques (votre question l'illustre).

✓ FRACTALES INUTILEMENT COMPLEXES

La voie choisie pour généraliser les ensembles de Julia et de Mandelbrot à trois dimensions dans l'article *Du relief pour les fractales* (*Pour la Science* n° 395, septembre 2010, <http://bit.ly/pls395-fractales>) me laisse perplexe. Julia, bien avant l'informatique, s'était intéressé à une classe de transformations qui se prêtaient bien au calcul. Mandelbrot étudia par le calcul numérique ces mêmes classes, mais cette

restriction n'était plus utile. En considérant des transformations plus générales, on peut passer sans difficulté à trois dimensions. S'est-on compliqué la tâche ?

Alfred Meyer

→ RÉPONSE DE JEAN-PAUL DELAHAYE

Comme il n'y a pas d'aussi « bonne structure » pour $\mathbb{R}^3$ qu'il y en a pour $\mathbb{R}^2$ (muni d'une structure de corps, avec une « multiplication » des points), on ne savait pas adapter directement les idées de la dimension 2 à la dimension 3. Il a donc fallu faire des essais, et c'est un peu par chance qu'on a trouvé une fonction qui produit une complexité fractale intéressante. Il n'était pas évident *a priori* que l'absence de structure de corps sur $\mathbb{R}^3$ puisse être surmontée ; cela a pu être fait, c'est la nouveauté de ces fractales 3D.

RESTEZ CONNECTÉ !

Restez en contact avec l'actualité scientifique :
Retrouvez *Pour la Science* partout sur le web.

- Rejoignez-nous sur Facebook
<http://bit.ly/pls-facebook>
- Suivez-nous sur Twitter
<http://twitter.com/PourlaScience>
- Abonnez-vous à nos flux RSS
<http://bit.ly/pls-rss>
- Recevez nos lettres d'information
<http://bit.ly/pls-newsletters>
- Visitez notre site Internet
<http://www.pouirlascience.fr>

SONDAGE

Faites-vous confiance à la science ?

Selon un sondage international réalisé en ligne par le groupe de publications auquel appartient Pour la Science, les personnes ayant une formation scientifique font encore confiance aux chercheurs – parfois avec quelques réserves.

Plusieurs affaires ont récemment défrayé la chronique du monde scientifique : divulgation de courriels de climatologues révélant une certaine forme de censure, exagération de la menace de la grippe H1N1 par les autorités de santé, qui auraient ainsi favorisé les intérêts financiers de l'industrie phar-

maceutique, fraudes scientifiques de certains chercheurs, etc. Ces événements ont-ils écorné la confiance accordée aux scientifiques, consultés lors des décisions stratégiques prises en matière de climat, d'énergie, de santé ou de technologie ?

Pour le savoir, *Scientific American* s'est associée avec la revue *Nature* et ses édi-

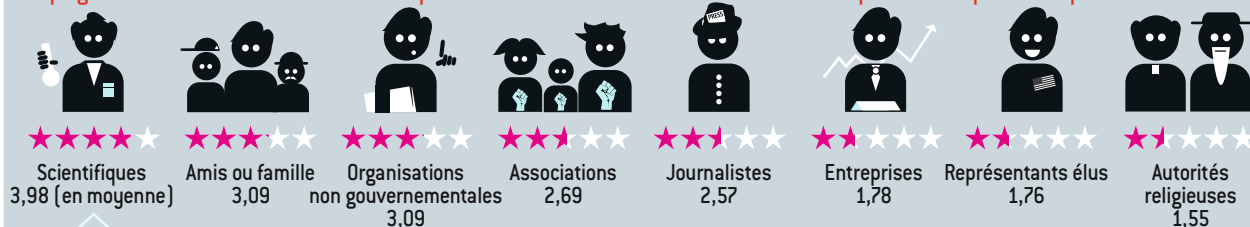
tions internationales, dont *Pour la Science*, pour sonder en ligne les lecteurs. Plus de 21 000 personnes ont répondu via les sites Web de ces publications. Les personnes ayant répondu ont une formation scientifique (19 pour cent d'entre eux ont un doctorat) et soutiennent la science. Mais les attitudes diffèrent selon le thème et le pays.

DANS QUELLE MESURE FAITES-VOUS CONFIANCE À CE QUE DISENT LES SCIENTIFIQUES ?

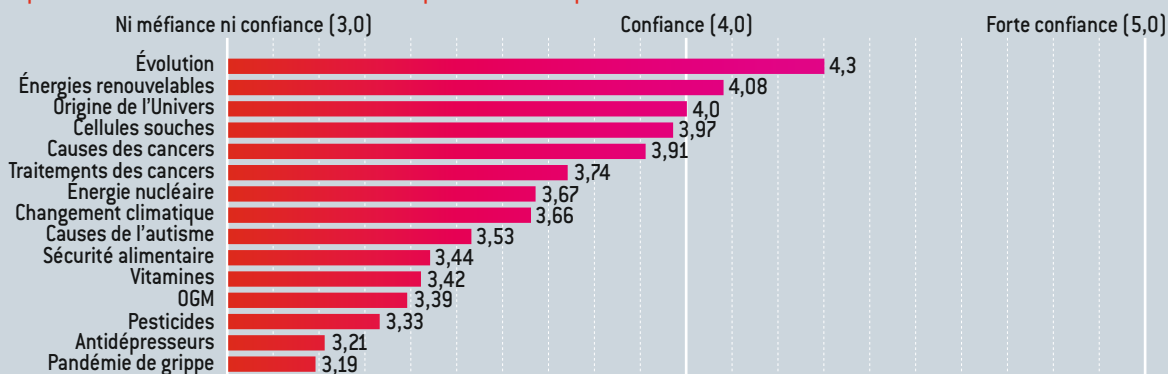
Les personnes sondées devaient indiquer, sur une échelle de 1 (forte méfiance) à 5 (forte confiance), le degré de confiance qu'elles accordent à différents groupes : scientifiques, amis, associations, journalistes, etc. Les scientifiques arrivent largement en tête (avec une moyenne de

3,98 sur 5, contre 2,57 pour les journalistes). En revanche, quand on les interroge sur un aspect précis, seuls trois thèmes (l'évolution, les énergies renouvelables et les origines de l'Univers) recueillent un score de confiance supérieur à cette moyenne.

À qui généralement faites-vous confiance pour obtenir des informations exactes sur des questions importantes pour la société ?



Dans quelle mesure faites-vous confiance à ce que les scientifiques disent sur les thèmes suivants ?



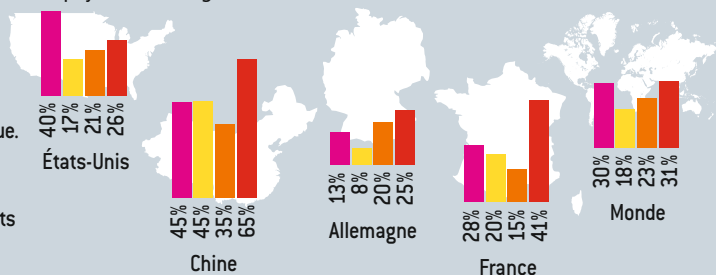
Toutes les illustrations sont d'Arno Ghelli

QUAND LA SCIENCE RENCONTRE LA POLITIQUE

Les chercheurs doivent-ils s'impliquer politiquement ? Les avis des lecteurs divergent selon leur origine. En Allemagne, où la chancelière est titulaire d'un doctorat en chimie quantique, il semble que l'on approuve que les scientifiques jouent un grand rôle en politique. Ce n'est pas le cas en Chine, alors même que la plupart des dirigeants de ce pays sont des ingénieurs.

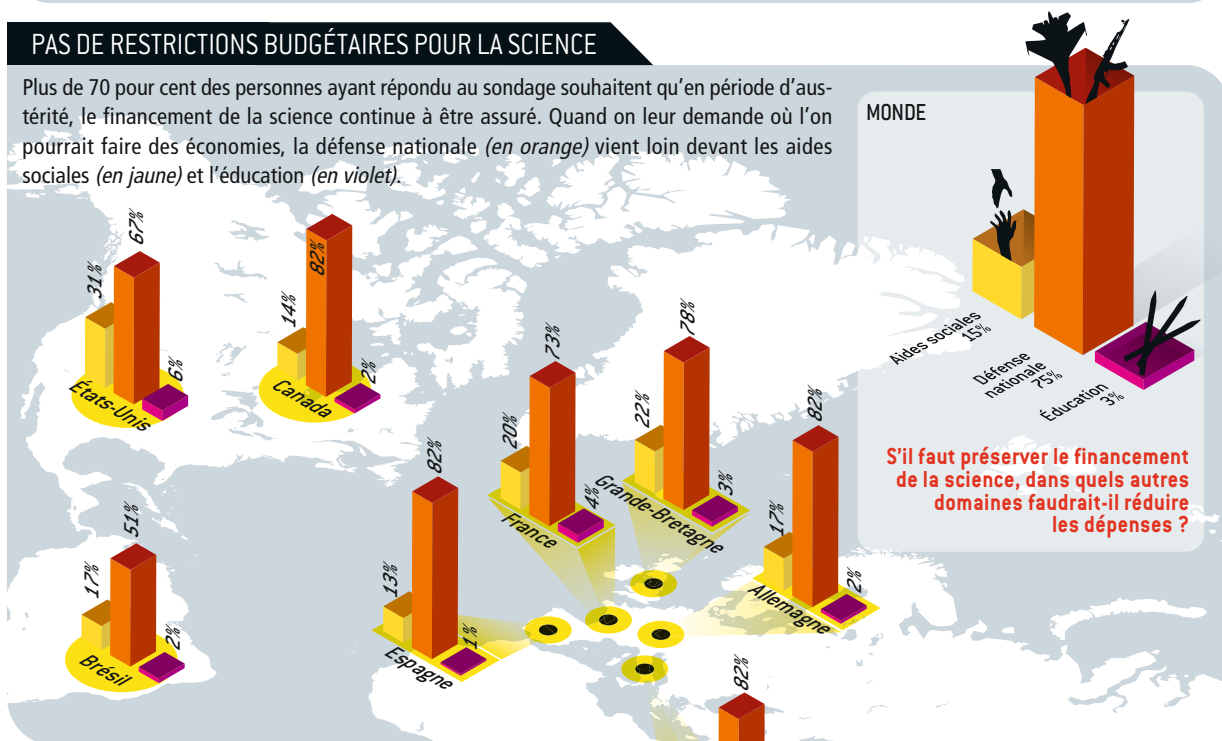
Personnes interrogées qui étaient d'accord avec les affirmations suivantes :

- Les scientifiques devraient seulement parler de science, sans prendre parti.
- Les scientifiques devraient rester à l'écart de la politique.
- Les scientifiques sont ceux qui savent le mieux ce qui est bien pour la population.
- Les scientifiques devraient prêter attention aux souhaits de la population, même s'ils pensent que les citoyens ont tort ou ne comprennent pas leurs travaux.



PAS DE RESTRICTIONS BUDGÉTAIRES POUR LA SCIENCE

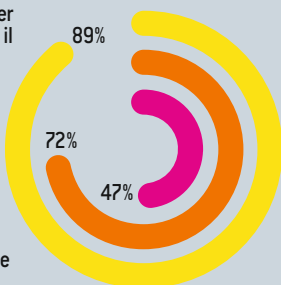
Plus de 70 pour cent des personnes ayant répondu au sondage souhaitent qu'en période d'austérité, le financement de la science continue à être assuré. Quand on leur demande où l'on pourrait faire des économies, la défense nationale (en orange) vient loin devant les aides sociales (en jaune) et l'éducation (en violet).



EST-CE UTILE D'INVESTIR DANS LA SCIENCE ?

Personnes interrogées d'accord avec les affirmations suivantes :

- L'investissement dans la science fondamentale peut ne pas bénéficier immédiatement à l'économie, mais il crée les fondements d'une croissance économique future.
- L'investissement dans la science fondamentale est l'une des meilleures façons de stimuler l'économie et de créer des emplois.
- La science n'entraîne pas nécessairement une croissance économique, mais doit quand même être soutenue.



INQUIÉTUDE FACE AUX TECHNOLOGIES

La technologie peut avoir des conséquences indésirables. Nous avons demandé aux internautes quelles technologies devraient être contrôlées de plus près. Les personnes interrogées expriment plus d'inquiétudes vis-à-vis de l'énergie nucléaire que de la vie artificielle, des cellules souches ou des organismes génétiquement modifiés (OGM).

47%



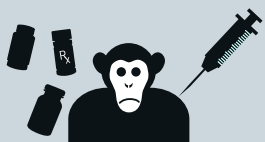
On devrait éliminer l'énergie nucléaire et la remplacer par d'autres sources d'énergie propre.

26%



Le gouvernement devrait agir maintenant pour protéger la population des risques inconnus des nanotechnologies.

23%



Je suis opposé aux expériences sur les chimpanzés en toutes circonstances.

22%



Les OGM sont trop risqués pour la santé et l'environnement et ne devraient pas être cultivés.

12%



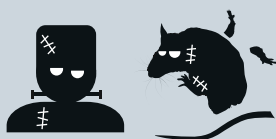
Je suis opposé aux expériences sur les mammifères non primates en toutes circonstances.

8%



Je suis opposé aux expériences sur l'embryon humain en toutes circonstances.

7%



On ne devrait pas poursuivre les recherches sur les organismes artificiels avant d'avoir montré qu'ils ne présentent aucun danger.

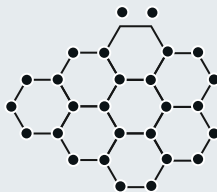
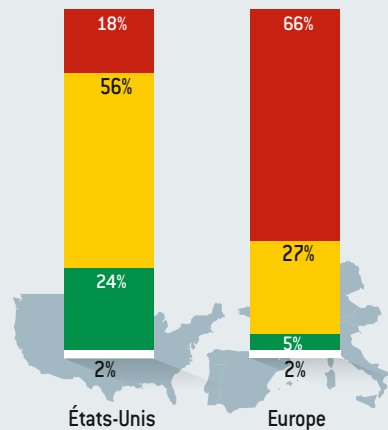
EUROPE VERSUS ÉTATS-UNIS

Les Européens et les Américains ont des attitudes très différentes vis-à-vis de la technologie. Les personnes ayant répondu au sondage et vivant en Europe sont davantage préoccupées par l'énergie nucléaire et les OGM que celles vivant aux États-Unis (ici, l'Europe comprend l'Allemagne, la Belgique, la France, l'Italie et l'Espagne, mais pas la Grande-Bretagne, où les opinions sont davantage alignées sur celles des États-Unis). Tant en Europe qu'aux États-Unis, les nanotechnologies semblent une grande inconnue. Les Européens ont aussi exprimé une méfiance vis-à-vis de ce que les scientifiques ont à dire sur la pandémie de grippe (voir l'encadré page ci-contre).



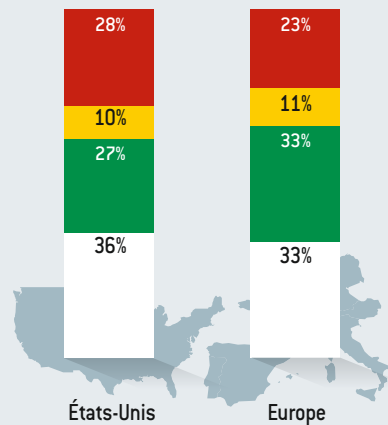
Face aux risques que peut poser l'énergie nucléaire, êtes-vous :

- Mal à l'aise
- Assez à l'aise
- Tout à fait à l'aise
- Sans opinion



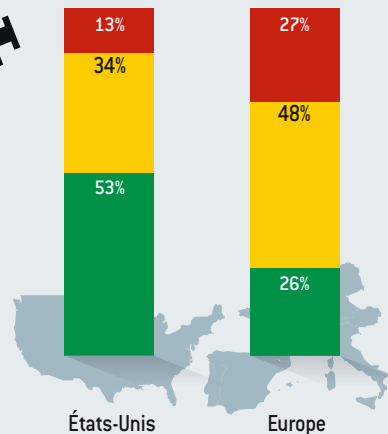
Face aux risques que peuvent poser les nanotechnologies, êtes-vous :

- Mal à l'aise
- Assez à l'aise
- Tout à fait à l'aise
- Sans opinion

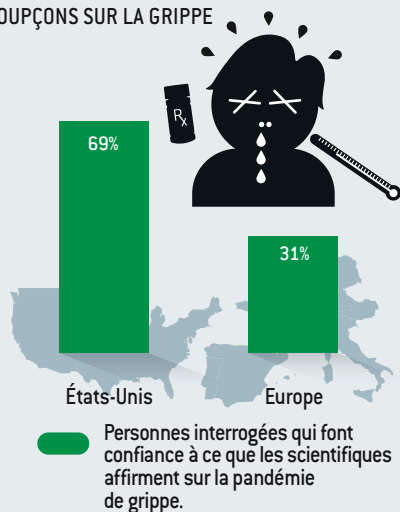


Face aux risques que peuvent poser les OGM, êtes-vous :

- Mal à l'aise
- Assez à l'aise
- Tout à fait à l'aise



SOUPÇONS SUR LA GRIPPE

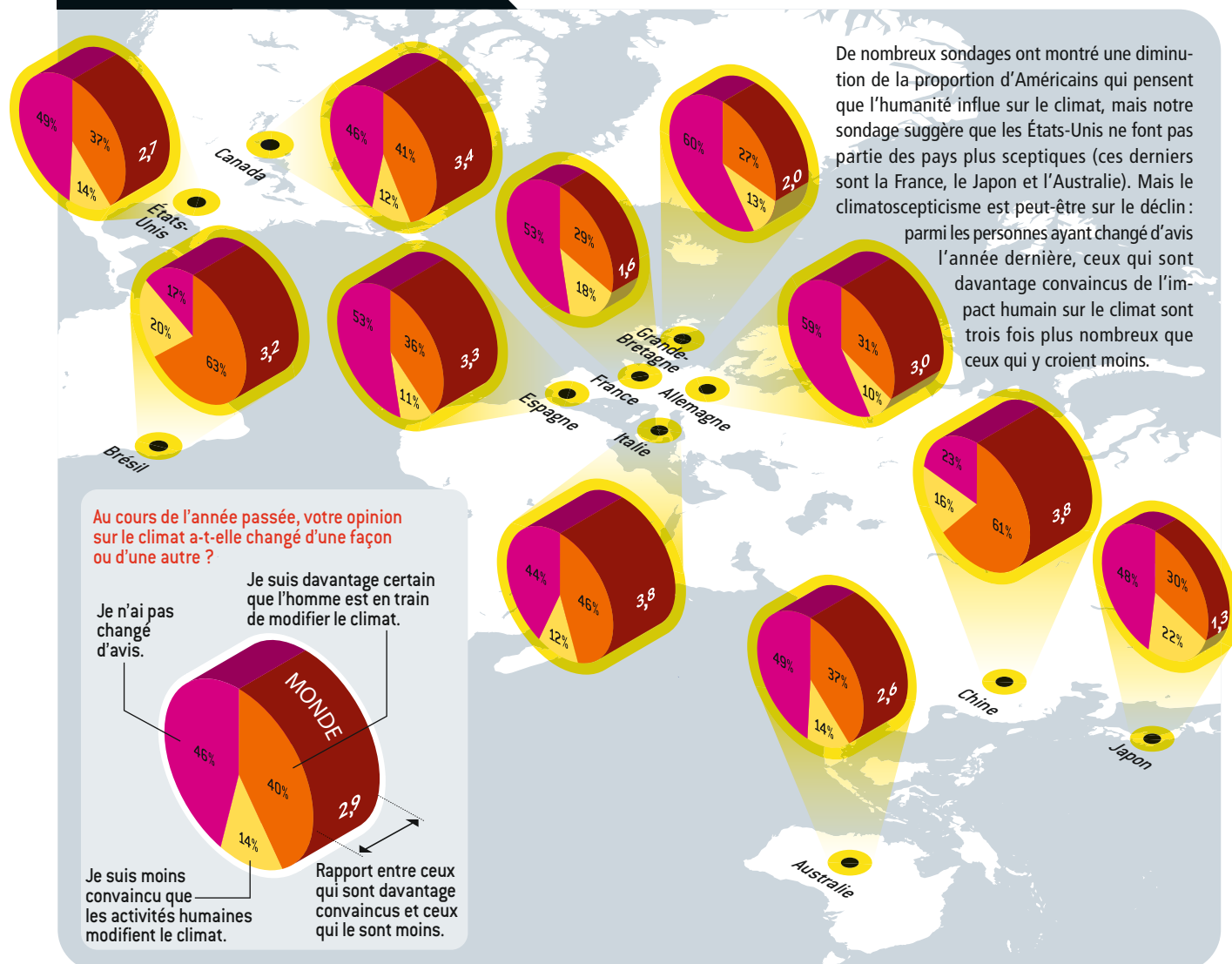


Le 11 juin 2009, l'OMS déclarait l'état de pandémie pour la grippe H1N1, confirmant ce que les virologistes savaient déjà : le virus s'était répandu dans le monde entier. Les gouvernements ont commandé des vaccins et des antiviraux pour des milliards d'euros, un arsenal médical qui était prêt à combattre un virus qui, heureusement, s'est révélé peu agressif.

Une année plus tard, deux études européennes ont dénoncé l'existence de conflits d'intérêts dans le processus de prise de décision de l'OMS. En 2004, une commission de l'OMS avait recommandé que les gouvernements constituent des stocks d'antiviraux lors d'une pandémie ; il s'est révélé plus tard que les scientifiques ayant participé à cette commission avaient des liens avec l'industrie pharmaceutique. L'OMS a refusé de révéler l'identité des scientifiques ayant fait partie en 2009 de la commission qui a préconisé la déclaration de l'état de pandémie ; cela a nourri le soupçon que ces experts aussi aient pu être liés à l'industrie pharmaceutique.

La controverse a eu beaucoup d'échos dans les médias en Europe, peu aux États-Unis. Près de 70 pour cent des Américains ayant répondu à notre sondage ont déclaré faire confiance à ce que disent les scientifiques sur la pandémie de grippe ; pour les Européens, cette proportion n'est que de 31 pour cent. C'est la plus grande divergence entre l'Europe et les États-Unis constatée dans ce sondage.

MOINS DE DÉNÉGATIONS SUR LE CLIMAT





1. LA GROTTTE PP13B située non loin de la ville de Mossel Bay en Afrique du Sud a abrité des hommes anatomiquement modernes entre 164 000 et 35 000 ans, alors que *Homo sapiens* était menacé d'extinction. Ceux qui survécurent dans la région de Mossel Bay pourraient être les ancêtres de l'humanité.