

CARTE  
BLANCHEL'égalité femmes-  
hommes, c'est aussi  
mathématique

Par ÉTIENNE GHYS

Pourquoi y a-t-il à peu près autant de mâles que de femelles dans l'espèce humaine, comme dans la plupart des autres espèces animales? Commençons par une petite énigme mathématique: dans un pays imaginaire, une loi interdit aux familles d'avoir un nouvel enfant si leur dernier-né est une fille; quelle sera la conséquence sur la proportion d'hommes par rapport aux femmes dans ce pays? Si cette loi est appliquée, les familles auront au plus une fille alors que le nombre de garçons sera quelconque. On peut donc penser qu'il y aura plus d'hommes que de femmes. Ce raisonnement est-il correct? Réponse à la fin de la chronique.

Revenons au ratio hommes/femmes dans la vraie vie. On pourrait dire qu'il y a autant de spermatozoïdes X que Y et qu'ils ont la même probabilité de féconder, si bien que les garçons XY et les filles XX sont également probables. Mais cela ne fait que repousser la question. Pourquoi les X et les Y auraient-ils les mêmes chances de succès? Une intuition de Charles Darwin a été précisée par Ronald Fisher, le grand statisticien et généticien anglais, il y a un siècle. Voici son raisonnement, pas si facile à comprendre. Supposons qu'il y ait par exemple deux fois plus d'hommes que de femmes. Comme chaque enfant a un père et une mère, le nombre moyen d'enfants par femme est le double du nombre moyen d'enfants par homme.

## Mutations aléatoires

Selon la théorie de l'évolution, une mutation a tendance à se propager si elle entraîne une augmentation du nombre de descendants. Supposons maintenant qu'une mutation apparaisse, qui ne modifie pas le nombre d'enfants mais qui augmente un peu la proportion filles/garçons du porteur de cette mutation. Ces mutants n'auront pas plus d'enfants que les non-mutants, mais comme ils ont un peu plus de filles et que les filles ont plus d'enfants en moyenne, ils auront plus de petits-enfants. La mutation va donc se répandre dans la population, et la proportion femmes/hommes va augmenter. L'argument fonctionne dans l'autre sens s'il y a plus de femmes que d'hommes. Au bout du compte, la situation va se stabiliser sous l'effet des mutations aléatoires, et le nombre d'hommes sera égal au nombre de femmes.

Bien entendu, cet argument contient beaucoup d'hypothèses implicites qu'il s'agit de préciser. La principale est que la moitié du patrimoine génétique d'un enfant provient de son père et l'autre moitié de sa mère. Mais la science fonctionne ainsi: quelques idées très simples sont émises, qu'il faut ensuite affiner. Même si la plupart des espèces animales ont à peu près autant de mâles que de femelles, ce n'est pas toujours le cas et il faut l'expliquer. Et puis il y a un peu plus d'hommes que de femmes à la naissance (107 hommes pour 100 femmes) et il faut aussi le comprendre. Cela relève de la biologie, des mathématiques, mais aussi de beaucoup d'autres causes, qui peuvent être sociales bien sûr, mais également climatiques. Il semble par exemple qu'il y a (un peu) plus de femmes sous les tropiques que dans les pays du Nord.

Voici la réponse de l'énigme: cette loi stupide ne modifiera en rien la proportion hommes/femmes. Pour s'en convaincre, il ne faut pas comptabiliser par famille mais par naissance. Le sexe d'un bébé qui va naître n'a rien à voir avec ses frères et sœurs. La probabilité que le bébé soit une fille est donc la même que si cette loi n'était pas en vigueur. Là encore, il y a des hypothèses implicites, comme celle que les sexes des enfants successifs d'une femme sont des variables aléatoires indépendantes, ce qui n'est pas tout à fait vrai.

Une dernière énigme pour mon lecteur. Pensez-vous que l'argument de Fisher est valable pour les espèces animales dans lesquelles un petit nombre de mâles dominants s'accouple avec la majorité des femelles? ■

Etienne Ghys

Mathématicien, directeur de recherche (CNRS) à l'École normale supérieure de Lyon  
etienne.ghys@ens-lyon.fr

## Ces aides au privé hors de contrôle

**TRIBUNE** - Alors que les contraintes liées à l'évaluation de la recherche publique sont toujours plus lourdes, l'astrophysicien Olivier Berné s'interroge sur le peu d'exigences imposées par l'Etat sur les crédits d'impôt consentis au secteur privé

Le mois dernier, comme tous les mois de novembre, et comme 11 000 autres chercheurs au CNRS, j'ai rempli mon CRAC. Le CRAC, c'est le « Compte rendu annuel d'activité des chercheurs », un formulaire en ligne que nous devons renseigner et qui contrôle notre activité de recherche: articles scientifiques, conférences, brevets, articles de presse, demandes de financement... tout doit être soigneusement consigné. En plus de ce compte rendu, je dois, tous les deux ans et demi, rendre un rapport d'activité expliquant mon travail de recherche en une quinzaine de pages, complété de mon CV et d'une liste de publications.

Ces rapports et documents sont ensuite évalués par des collègues: le directeur de mon laboratoire ou la section astrophysique du comité national du CNRS, des scientifiques, qui prennent sur leur temps de recherche pour effectuer ce travail. Enfin, mon laboratoire entier est, tous les cinq ans, évalué par un comité d'experts mandatés par le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation.

Indépendamment de ces examens administratifs réguliers, je suis évalué lorsque je soumetts des articles, qui sont lus et critiqués par des collègues avant d'être publiés dans des revues spécialisées. Le projet d'observation avec le futur télescope spatial de la NASA, que j'ai préparé en collaboration avec de nombreux collègues de 18 pays pendant près de deux ans, a été évalué par un comité international d'astrophysiciens comprenant des Prix Nobel, qui ont sélectionné 10% des projets. Enfin, pour financer

mes travaux, je dois régulièrement soumettre des demandes de financement détaillées et argumentées, qui elles aussi sont jugées par mes collègues, avec une sévérité imposée par des budgets largement inférieurs aux besoins.

Bien entendu, j'évalue moi aussi les travaux de mes collègues, je relis leurs articles, juge leurs demandes de financement, et j'atteste de la pertinence ou non de leurs propositions d'observations. Ce processus est sain et essentiel à la démarche scientifique. Néanmoins, il est devenu, au fil des ans et des réformes administratives, de plus en plus lourd et fréquent. Les scientifiques passent désormais une partie significative de leur temps à évaluer et à être évalués, alors que la majorité d'entre eux ont de moins en moins de moyens pour effectuer leurs travaux. Ainsi, il se pourrait que l'adage devienne « des chercheurs qui cherchent du temps pour chercher, on en trouve, mais des chercheurs qui trouvent du temps pour chercher, on en cherche ».

## Optimisation fiscale

Un domaine de la recherche semble pourtant échapper à cette surévaluation: il s'agit de la R&D (recherche & développement) privée subventionnée par l'Etat via le crédit d'impôt recherche (CIR). Le CIR permet aux entreprises de soustraire de leurs impôts 30% des coûts annuels associés à leurs activités de recherche, dans la limite de 100 millions d'euros de dépenses. Il ne s'agit pas ici de discuter de la pertinence sur le fond de ce dispositif. Notons simplement qu'il coûte à l'Etat, chaque année, plus de

**L'ATTRIBUTION  
DU CRÉDIT D'IMPÔT  
RECHERCHE  
À UNE ENTREPRISE  
EST ÉTABLIE  
SUR LA BASE  
D'UNE SIMPLE  
DÉCLARATION**

6 milliards d'euros, soit deux fois le budget annuel du CNRS. Avec un tel niveau d'investissement, on pourrait s'attendre à ce que l'évaluation des recherches subventionnées – et l'évaluation du dispositif lui-même – soit effectuée avec rigueur et méticulosité, comme il en est d'usage dans la recherche publique.

La réalité est bien différente: l'attribution du crédit d'impôt est en effet établie sur la base d'une simple déclaration a posteriori des activités de recherche, et seule une infime partie des créances accordées est contrôlée par le ministère des finances et celui de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation. Or, les évaluations indépendantes du CIR, réalisées par l'OCDE, la Cour des comptes, l'Insee, le Sénat, pointent toutes du doigt son inefficacité en termes de création d'emplois R&D, et mettent en évidence les risques de détournement en optimisation fiscale. Bruno Le Maire a récemment indiqué qu'il souhaitait supprimer la limite de 100 millions de dépenses en R&D pour béné-

ficier de la réduction d'impôt, autrement dit déplaçonner le CIR. Si cette mesure est adoptée, quelques dizaines de grandes entreprises en France se partageront ainsi chaque année 2 milliards d'euros supplémentaires de crédit d'impôt, sans aucune contrepartie.

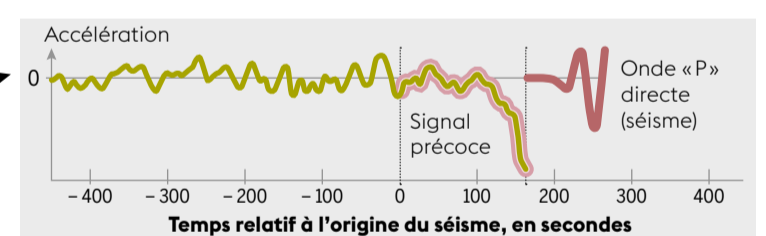
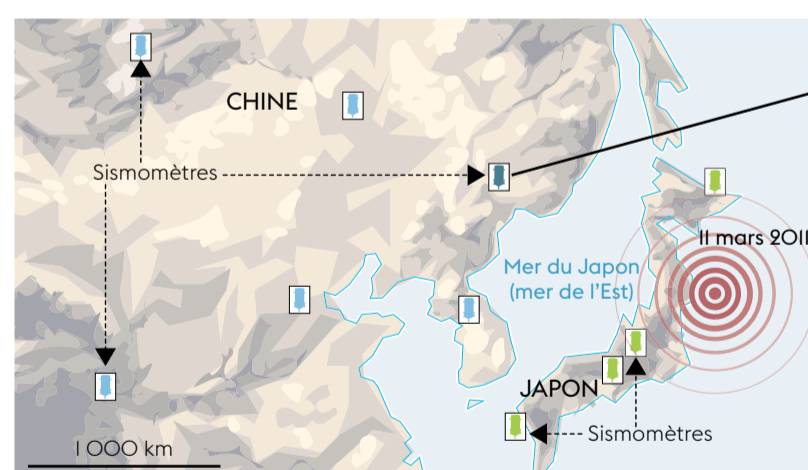
Deux poids, deux mesures, donc, en ce qui concerne l'utilisation de l'argent public: d'un côté, la recherche publique, soumise à des examens lourds et réguliers et à des contraintes budgétaires fortes; de l'autre, la R&D privée, évaluée a minima, dont le soutien par le CIR a été multiplié par 10 en dix ans, et qui augmenterait encore de près de 50% l'an prochain avec le déplaçonnement.

Transition énergétique, transports, numérique, espace, biotechnologies et industrie pharmaceutique...: autant de domaines sur lesquels l'Etat doit pouvoir agir en orientant et contrôlant les incitations fiscales. On peut de ce fait comprendre la volonté d'aider la R&D privée. Pourtant, le choix de passer par le CIR, un mécanisme extrêmement coûteux, sans évaluation rigoureuse ni contrôle sur les activités menées est particulièrement énigmatique vu l'ampleur des enjeux. En bref et en forçant volontairement le trait: le gouvernement veut-il, comme il le prétend, être stratège de la construction de la « patrie de l'innovation », ou bien spectateur de l'optimisation fiscale? ■

Olivier Berné est astrophysicien, à l'initiative de la Marche pour les sciences en France et membre du collectif Rogue ESR.

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr

## DÉTECTER PLUS TÔT LES SÉISMES DE FORTE AMPLITUDE

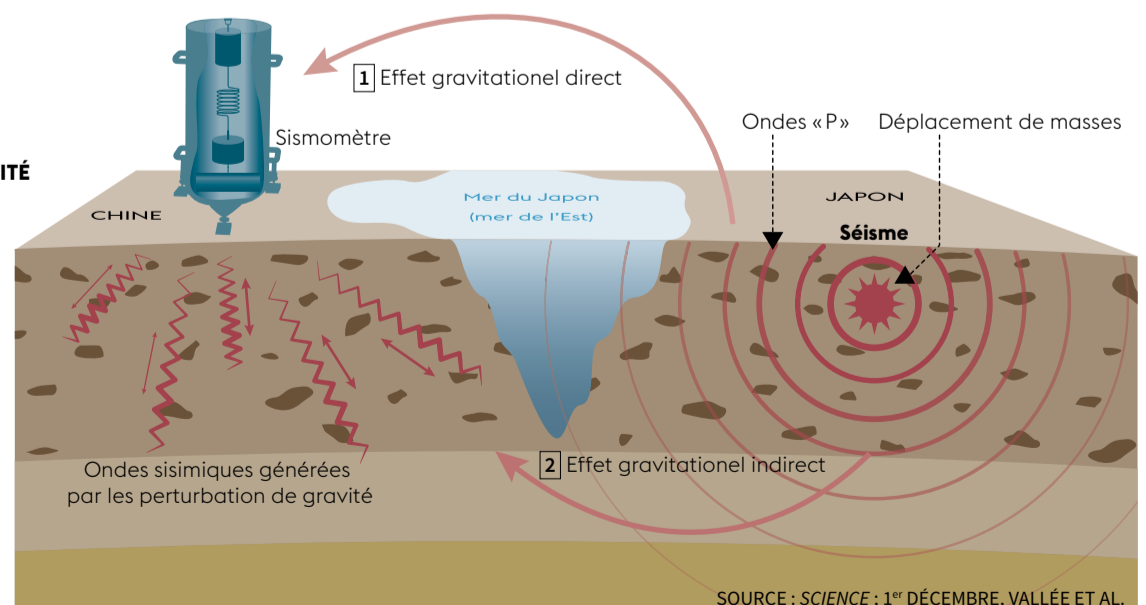


## UN SIGNAL PRÉCOCE

Le 11 mars 2011, un séisme d'une magnitude 9,1 a frappé le Japon, générant notamment des ondes, dites « P », dans le sol, enregistrées par divers sismomètres. Mais, à 1 000 kilomètres ou plus de l'épicentre, une dizaine de stations ont vu un signal précoce avant le principal, qui se propage environ à 10 kilomètres par seconde.

## UN DOUBLE EFFET DU CHANGEMENT DE GRAVITÉ

Les masses au niveau de la faille sismique et de sa périphérie se déplacent, causant un double effet. Direct [1], en modifiant quasi instantanément la force de gravité agissant sur les sismomètres éloignés. Indirect [2], en créant des forces de gravité agissant sur le milieu et induisant de mini-ondes sismiques. Le bilan est un tremblement faible, mais détectable, du sismomètre, avant l'arrivée de l'onde principale.



INFOGRAPHIE: PHILIPPE DA SILVA

SOURCE: SCIENCE; 1<sup>er</sup> DÉCEMBRE, VALLÉE ET AL.

Estimer l'amplitude d'un séisme bien plus tôt qu'aujourd'hui serait possible, selon une équipe de l'Institut de géophysique de Paris, du laboratoire Astroparticule et cosmologie, à Paris, et de l'université Caltech, en Californie, qui

expose ses résultats dans *Science* du 1<sup>er</sup> décembre. Cette équipe a en effet repéré un signal précoce arrivant sur les détecteurs environ dix mille fois plus tôt que l'onde classique qui se propage par compression-dilatation de la croûte

terrestre. Les chercheurs estiment qu'ils auraient pu calculer l'intensité exacte du séisme japonais du 11 mars 2011 en 3 minutes, au lieu d'une vingtaine à l'aide des techniques actuelles. De quoi mieux prévoir les

effets d'un tsunami. Néanmoins, la méthode ne marche que pour des tremblements de terre d'une magnitude 9. Des détecteurs plus précis pourraient permettre d'abaisser cette limite. ■

D. L.